Année 1958. — N° 13. Le Numéro : 20 francs. 19 Juillet 1958.

JOURNAL OFFICIEL
DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE

AVIS ET RAPPORTS DU CONSEIL ÉCONOMIQUE

ABONNEMENTS : METROPOLE ET FRANCE D'OUTRE-MER : **800 fr.** ; ETRANGER : **1.200 fr.**
(Compte chèque postal : **9063.13, Paris.***)*

PRIÈRE DE JOINDRE LA DERNIÈRE BANDE aux renouvellements et réclamations | **DIRECTION, RÉDACTION ET ADMINISTRATION** QUAI VOLTAIRE, N° 31, PARIS-7e | **POUR LES CHANGEMENTS D'ADRESSE AJOUTER 20 FRANCS**

SESSION DE 1958

Séance du 1er Juillet 1958.

SOMMAIRE

L'automation et ses conséquences économiques et sociales (1).

L'AUTOMATION ET SES CONSEQUENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES

(Question dont le Conseil économique s'est saisi lui-même, en application de l'article 1er de la loi organique du 20 mars 1951 et de l'article 28 de son règlement intérieur.)

1° Rapport présenté, au nom du Conseil économique, par M. Pierre Liénart.

SOMMAIRE

I. — Introduction

II. — Généralités
- 1° L'automation, centre de curiosité, d'intérêt et de préoccupations.
- 2° Nécessité d'une information objective.
- 3° Opportunité de l'étude.

III. — Définitions et champ d'application de l'automation
- 1° Mécanisation et automatisation.
- 2° Dispositifs automatiques de commande en chaine ouverte ou en boucle fermée.
- 3° Dispositifs automatiques et automation.
- 4° Commande automatique et production automatisée.
- 5° Energie et information. — Traitement des informations.
- 6° Les définitions de l'automation.
- 7° Difficultés rencontrées dans l'élaboration d'une définition.
- 8° Les caractères essentiels de l'automation.
- 9° Le vocabulaire de l'automation.
- 10° Origines et raisons du développement de l'automation.
- 11° Les différentes formes de l automation.

IV. — Application de l'automation dans les différentes branches d'activité
- 1° Automation industrielle.
- 2° Automation administrative.
- 3° Vers l'usine automatique (réalité ou fiction).
- 4° Extension de l'automation à des activités autres que celles du secteur industriel ou administratif.
- 5° Possibilités croissantes des machines et limites de l'automation.

V. — Les réalisations de l'automation en France et a l'étranger
- 1° En France.
- 2° Réalisations étrangères.

VI. — L'automation et ses incidences sur le plan économique
- 1° Automation, production et productivité.
- 2° Automation et entreprise.
- 3° Automation et besoins en main-d'œuvre.
- 4° Automation, marché et consommation.

VII. — L'automation et ses incidences sur le plan social
- 1° L'automation et les problèmes de l'emploi.
- 2° L'évolution de la rémunération salariale.
- 3° La transformation des conditions de travail.

Conclusions

(1) Le compte rendu analytique des débats consacrés à cette question figure au *Bulletin du Conseil économique* n° 19 du 2 juillet 1958.

ANNEXES :

I. — Avis présenté au nom de la commission de la production industrielle, par M. Wolff.

II. — Bibliographie : principaux ouvrages et articles déjà parus sur l'automation.

III. — (Annexe à la partie V : Réalisations). — L'automation dans les ateliers d'usinage de la régie Renault.

IV. — Liste des principaux organismes intéressés aux problèmes posés par l'automatisme.

I. — Introduction.

Sur la proposition du groupe des travailleurs C. F. T. C., le Conseil économique a pris la décision, à sa séance plénière du 24 juillet 1956, de procéder à une étude sur l'automation et ses conséquences économiques et sociales, cette étude devant conduire à préciser les mesures qu'il conviendrait de prendre afin que ce progrès technique, en voie d'évolution rapide, se développe dans des conditions satisfaisantes, à la fois sur le plan économique et sur le plan social.

La commission des affaires sociales a été chargée de l'élaboration de ce rapport qui a été en outre soumis pour avis, à l'examen de la commission de la production industrielle.

Abordé pour la première fois par le Conseil économique, ce problème est apparu suffisamment complexe pour justifier un travail préalable d'information qui fait l'objet de la première partie du rapport.

Afin de compléter leur documentation, les commissions intéresées ont procédé à différentes auditions et les personnalités suivantes ont été successivement entendues :

MM. P. LIÉNART, membre du Conseil économique, le 11 mai 1957 ;

SALLERON, directeur des services d'études et formation au centre d'études et d'organisation, le 16 mai 1957 ;

F. RAYMOND, directeur de la société d'électrique et d'automation, chef de travaux au conservatoire des arts et métiers, le 4 juin 1957 ;

NASLIN, ingénieur en chef de l'armement, le 6 juin 1957 ;

LÉAUTÉ, membre de l'institut, GUY et CHALVET, respectivement président, vice-président et secrétaire général du centre national de l'automation, le 26 mars 1958.

II. — Généralités.

L'évolution accélérée que nous constatons dans les techniques depuis une vingtaine d'années est particulièrement marquée, actuellement, par l'utilisation de l'énergie nucléaire et le développement de l'automation.

Ces nouvelles acquisitions du progrès technique sont de nature à transformer profondément les conditions de la production et du travail. Ces transformations peuvent poser d'importants problèmes économiques et sociaux qui méritent de retenir l'attention du Conseil économique.

1° *L'automation, centre de curiosité, d'intérêt et de préoccupations.*

En peu de temps, automation, automatisation, automatisme, automatique, sont devenus des termes lancés dans l'opinion commune, si brutalement qu'on ne semble pas avoir encore bien choisi entre eux.

Comme on l'a déjà noté, un tel tournant technique, surtout aussi accusé, ne peut se prendre silencieusement.

A peine sortie des laboratoires et des bureaux d'études, voici la nouvelle technique publiée et utilisée par la presse, la radio, les conférences et rencontres de toute nature. Sur le mode plus ou moins fantaisiste, cela va jusqu'au roman ou au film d'anticipation.

Les techniciens, les chefs d'entreprises, les syndicalistes, les économistes, les sociologues, les hommes d'Etat s'intéressent, eux aussi, de plus en plus aux problèmes de l'automation qu'ils abordent d'ailleurs avec un état d'esprit qui diffère avec leurs préoccupations.

« Nul ne peut ignorer l'automatisation », écrit M. Ribas, maître des requêtes au Conseil d'Etat, dans l'introduction d'une bibliographie, éditée par l'association française pour l'accroissement de la productivité, à l'usage de ceux qui ont une responsabilité politique, technique ou sociale, ainsi que des étudiants ou élèves des grandes écoles qui compteront demain parmi les cadres de la nation.

Les articles de revues, brochures et livres importants ne se comptent plus, depuis les ouvrages d'information générale portant sur la nature et les conséquences de l'automation jusqu'aux applications dans les différents domaines, ainsi qu'en témoignent les titres tels que « l'Automation et le bureau », « l'Automation dans les chemins de fer » et même « l'Automation à la ferme ». De nombreuses revues spécialisées ont fait leur apparition.

Depuis plusieurs années, on multiplie les congrès ou rencontres, sur le plan national et international, pour étudier les différents aspects de l'automation. Sans procéder à une énumération complète qui serait fastidieuse, on notera que, dès novembre 1954, le puissant syndicat américain de l'automobile se préoccupait très largement de l'automation au cours de son congrès. En juin 1955, une conférence réunissait à Margate, en Grande-Bretagne, un millier de techniciens, chefs d'entreprise et militants syndicalistes, désireux de s'informer sur les possibilités et les répercussions de cette nouvelle technique. Peu de temps après, l'agence européenne de productivité réunissait à Paris un groupe de techniciens, d'économistes, de sociologues et de syndicalistes, tandis qu'à Washington, le congrès des Etats-Unis entendait un rapport spécial de son comité économique à la suite d'une vaste enquête sur l'automation.

En novembre 1955, une nouvelle conférence s'est tenue à Bruxelles.

L'année 1956 multiplie les rencontres : en février, trois journées d'information sur l'automatisme sont organisées par le commissariat général à la productivité avec le concours de l'association française pour l'accroissement de la productivité. Au mois d'avril, l'association internationale pour le progrès social rassemble à Milan 1.200 participants pour examiner différents problèmes portant sur l'automation. Au mois de mai, des journées préparées par la section syndicale de l'agence européenne de productivité groupent à Londres les représentants syndicaux de douze nations de l'O. E. C. E. ainsi que des Etats-Unis. Au mois suivant, c'est le 1er congrès international de l'automatique qui réunit à Paris un millier de participants et demande, en conclusion de ses travaux, la création d'un bureau international de l'automatisme. Dans la même année, d'autres rencontres ont lieu à Namur, à Anvers, à Heidelberg. A la fin du mois de septembre, l'institut d'études de machines de l'académie des sciences de l'U. R. S. S. et la Gostechnika organisent une conférence sur l'automatisation de l'ensemble des processus de production dans les constructions mécaniques.

Quelque temps plus tard, l'académie des sciences de l'U. R. S. S. rassemble plus de 3.000 participants dans une session consacrée aux problèmes scientifiques de l'automation. En outre, le 6e plan quinquennal prévoit un important programme d'automatisation. L'U. R. S. S. dispose enfin d'un ministère qui est chargé spécialement des questions relatives à l'automation.

Au cours de l'année 1957, l'automation suscite toujours le même intérêt. Parmi les manifestations les plus importantes, il convient de citer la conférence sur l'automatisme organisée à Paris du 8 au 12 avril par l'Agence européenne de productivité, le congrès international de l'Organisation scientifique tenu également à Paris du 24 au 28 juin, la conférence sur l'automation organisée, du 30 juin au 3 juillet à Harrogate, en Grande-Bretagne par l'Association des ingénieurs de production, le congrès international de cybernétique, organisé à Namur en décembre et ayant pour thème les conséquences économiques et sociales de l'automation. Le Bureau international du travail s'est également penché sur le problème à la suite du rapport important publié le 15 mars par son directeur général, M. David Morse, afin d'attirer l'attention de l'ensemble des nations membres du B. I. T. sur les répercussions sociales de l'automation et sur la nécessité d'en prévoir et d'en contrôler le développement.

Le rapport du B. I. T. attire aussi l'attention sur l'importance des aspects sociaux de l'automation qui a fait naître certaines inquiétudes chez les travailleurs pour qui les innovations techniques sont surtout synonymes de transformation des conditions de travail avec tous les risques que cela peut comporter pour l'avenir de l'emploi.

Bien que les applications de l'automation n'aient pas donné lieu jusqu'ici à des crises graves de personnel dans les secteurs en expansion où ce progrès technique s'est développé, il n'en reste pas moins que les travailleurs considèrent que l'évolution des conditions de la production pose de sérieux problèmes humains.

Des difficultés se sont d'ailleurs manifestées déjà dans le secteur de l'automobile, par exemple, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Grande-Bretagne. Si la production des voitures aux

U. S. A. a été de l'ordre de 8 millions en 1955, le nombre de voitures invendues au 1er janvier 1956 était de 750.000, soit plus du double du chiffre de l'année précédente pour cette même période.

On se souvient particulièrement des difficultés de l'industrie automobile britannique qui se manifestèrent dans le courant de l'année 1956 par des mesures de licenciement massif notamment à Birmingham et à Coventry. Bien que cette crise ait été la conséquence, en grande partie, de faits extérieurs à l'automation, il n'en reste pas moins qu'elle se déclencha à la suite de la mise en application de programmes de développement de la production automatisée élaborés par la British Motor Corporation et la Standard Motor Company. Dans l'usine de Coventry, cette dernière société a investi 4 millions de livres afin de réaliser l'installation la plus moderne de Grande-Bretagne pour la fabrication de tracteurs. Les opérations de licenciement qui suivirent cette transformation eurent un grand retentissement, même à l'extérieur et le cas de Coventry a renforcé chez les travailleurs le sentiment de méfiance à l'égard des changements profonds de la technique qui s'opèrent sans tenir compte des répercussions qu'ils peuvent avoir sur la main-d'œuvre.

La multiplicité des congrès syndicaux qui, depuis quelques années, ont consacré une part de leurs travaux au problème de l'automatisation, ainsi que l'intervention du B. I. T. souligne au premier chef la préoccupation sociale engendrée par le développement de l'automation.

2° *Nécessité d'une information objective.*

Dans ce domaine complexe — mal délimité et restant encore assez mal connu en dehors du cercle des spécialistes — il semble nécessaire de procéder d'abord à un travail d'information.

L'abondance des publications, études et congrès ne signifie pas, et de loin, la connaissance complète des possibilités techniques et des conséquences économiques ou sociales de l'automation. Le stade des recherches et approximations n'est pas dépassé et l'abondance des travaux témoigne, au contraire, de la multiplicité des problèmes qui se trouvent posés.

« La terminologie n'est pas encore fixée », écrit M. Ribas en introduction de la bibliographie de l' A. F. A. P. ... « On parle d'usines sans hommes, de robots et de cerveaux électroniques, de cybernétique et de recherche opérationnelle sans approfondir toujours la signification exacte de ces termes ».

« Comme il arrive pour toute nouveauté qu'il est encore difficile d'apprécier objectivement, chacun réagit selon son tempérament. Les pessimistes craignent un chômage sans précédent, les optimistes annoncent un nouvel âge d'or. Les divergences de vues sont peut-être aussi grandes parmi les ingénieurs que parmi les linguistes. »

« Les uns voient dans les techniques nouvelles une source de développement normal de la mécanisation... D'autres soutiennent que les possibilités et la rapidité de ces techniques automatiques sont tellement amplifiées par les progrès de l'électronique que le phénomène, par l'ampleur même qu'il va prendre dans les années qui viennent, va changer de nature. Ils pensent que le développement de l'automatisation, au moment même où apparaissent des sources nouvelles d'énergie et, au premier plan, l'énergie nucléaire, constituera sous peu une nouvelle révolution industrielle. »

On ne peut mieux souligner les incertitudes et les risques, et la nécessité d'une information objective permettant de faire le point de ce que l'on sait actuellement et de formuler des prévisions raisonnables.

3° *Opportunité de l'étude.*

Dans ces conditions, il n'est pas besoin d'insister sur *l'opportunité* du travail ainsi proposé, dont l'objectif premier sera bien entendu, de rechercher les mesures à prendre, à court et moyen termes, en vue de tirer le meilleur parti de l'automation, dans une perspective de développement économique et de progrès social.

« Une grande enquête nationale sur les réalisations, les projets et les possibilités de l'automatisation en France ne serait pas inopportune, non plus qu'un large débat au Conseil économique. »

Notre Assemblée voudra sans doute répondre à cet appel, inscrit en tête de la bibliographie de l'A. F. A. P.

C'est l'objet de ce rapport d'introduire effectivement le plus large débat sur une question qui engage aussi fortement l'avenir prochain de la nation, sans prétendre épuiser un examen qui devra être renouvelé sans aucun doute, selon les développements de l'automatisation dans ce pays et dans le monde.

III. — Définitions et champ d'application de l'automation.

Quand on aborde le problème de l'automation, on rencontre une première difficulté qui réside dans le fait que cette notion recouvre une réalité complexe, aux aspects variés, aux contours imprécis et dont les définitions restent aussi controversées que les termes employés.

Pour préciser cette notion, il nous paraît utile tout d'abord de chercher à situer l'automation dans le milieu où elle se développe et que l'on confond parfois aisément avec elle.

Ce premier examen devrait nous permettre en outre de dégager les caractères spécifiques de cette nouvelle technique et nous aider à la mieux définir.

1° *Mécanisation et automation.*

On considère asez communément que l'automatisation n'est qu'un nouvel aspect de la mécanisation de la production. Au premier stade de la mécanisation, la force motrice a été utilisée pour actionner des machines dont les perfectionnements techniques ont progressivement permis d'éliminer le travail manuel pénible. La machine tend maintenant à se substituer à l'homme, non seulement dans l'exécution des tâches physiques, mais aussi dans celles qui font appel à des qualités d'observation, de mémoire et de décision. Il reste cependant difficile d'apprécier quelles peuvent être les frontières exactes de la mécanisation et de l'automation qui en est le prolongement suivant un processus continu d'évolution.

Pour certains, il faudrait remonter très loin dans l'histoire pour découvrir l'origine de l'automation et l'on peut effectivement citer maints exemples qui montrent que la force motrice et les moyens employés pour l'utiliser automatiquement se sont développés parallèlement.

La séparation entre mécanisation et automation peut donc paraître artificielle et sans intérêt.

Il faut noter toutefois que l'application généralisée des techniques de l'automatisme peut avoir pour effet d'accélérer considérablement l'évolution des moyens de production et c'est là un des caractères spécifiques de l'automation que d'être un multiplicateur de la production.

En outre, l'automation dans sa forme la plus évoluée, permet d'assurer le remplacement de l'homme dans des tâches qui semblaient jusqu'ici lui être réservées et Jean Rostand a pu écrire: « Il nous faudra maintenant nous habituer à dire: cela est pensé à la machine... Et il n'y aura là pour nous qu'une garantie supplémentaire d'exactitude. »

2° *Dispositifs automatiques de commande en chaîne ouverte ou en boucle fermée.*

Les dispositifs automatiques de commande comprennent un grand nombre de types différents qui correspondent à la diversité des fonctions à remplir.

Ces dispositifs peuvent se classer en deux catégories bien distinctes:

Les systèmes à chaîne ouverte et les systèmes à boucle fermée.

Les premiers sont les plus simples. Ils agissent dans les conditions initiales de mise en œuvre du dispositif, sans qu'il soit possible de modifier ces conditions. C'est le cas d'une minuterie qui provoque l'allumage d'une lampe à une heure déterminée, quelle que soit la luminosité.

L'inconvénient d'un tel système est précisément de ne pas tenir compte des conditions dans lesquelles s'exécute l'action commandée. Les dispositifs à boucle fermée au contraire apportent les corrections utiles aux ordres initiaux et modifient ainsi leur exécution dans le sens convenable. Le régulateur de Watt est l'exemple souvent réel et le résultat cherché entraîne une réaction qui provoque sur la commande un effet opposé aux perturbations constatées.

Dans ce type de dispositif, un organe de contrôle, qui apprécie les résultats obtenus au cours du processus, entraîne la réaction ou rétroaction qui modifie les instructions initiales de l'organe de commande. On dit alors que le système est asservi.

3° *Dispositifs automatiques et automation.*

Si la mise en œuvre et le développement des dispositifs automatiques remontent à un lointain passé — Rabelais n'avait-il pas déjà écrit que les Anciens avaient « toutes sortes de petits engins automates, c'est-à-dire soy mouvant d'eux-mêmes » — l'automatisme n'a pourtant pas exercé une influence décisive sur la production avant que les conditions permettant de réaliser tout un cycle d'opérations, sans intervention humaine, aient pu être réunies.

Pour atteindre un tel objectif, il restait au préalable à résoudre un certain nombre de problèmes techniques et économiques.

Sur le plan technique, il était nécessaire de disposer de moyens de commande et de contrôle, d'un fonctionnement sûr et précis, pouvant être réalisés industriellement.

A la suite des applications mécaniques, électriques, magnétiques, hydrauliques, pneumatiques, la technique de l'électronique — encore inconnue du public il y a une douzaine d'années — est venue accroître considérablement le champ d'utilisation des dispositifs automatiques.

Cette nouvelle technique a permis notamment de réaliser des organes de commande et de contrôle sans inertie et des organes qui ont la faculté d'amplifier les phénomènes.

Mais la mise au point et la diffusion de ces dispositifs ne suffisaient pas encore à faire naître l'automation qui ne pouvait réellement s'affirmer que par la généralisation d'emploi de ces dispositifs dans le cadre d'un processus de production en grande série.

L'automation implique donc l'utilisation systématique des principes d'automaticité dans une nouvelle conception de la production qui prévoit la réalisation de systèmes intégrés, c'est-à-dire l'installation d'ensembles où la chaîne des opérations s'effectue sans intervention humaine pour tout un processus de fabrication.

4° *Commande automatique et production automatisée.*

Dans un livre récent sur l'automation, le technicien américain John Diebold souligne qu'on accorde généralement une grande attention à l'étude des dispositifs de commande, alors qu'on méconnaît l'importance des autres problèmes de la production qui conditionnent le développement de l'automation.

Sans amoindrir tout l'intérêt qui s'attache à l'étude des organes de commande et de calcul, M. John Diebold insiste surtout pour qu'on ne perde pas de vue la nécessité de procéder à une analyse complète du problème de la production, si l'on veut s'engager dans la voie d'une véritable automation.

A son avis, il est indispensable, dans bien des cas « de réétudier nos produits, nos processus et nos machines. Et pour les réétudier, nous devons les repenser ».

Pour illustrer cette thèse, M. John Diebold présente un certain nombre d'exemples précis. C'est ainsi que l'addition de quelques points de référence sur une pièce moulée permet de la mettre en place automatiquement sur une machine-outil. Une légère modification de forme suffit pour disposer automatiquement une bouteille sur une machine à coller les étiquettes. Un simple trou au milieu d'un cube de glace facilite sa fabrication automatique et lui donne en outre une plus grande surface de refroidissement qui accroît sa qualité pour le consommateur. Ces quelques exemples suffisent à montrer tout l'intérêt d'une nouvelle étude du produit dans la perspective de l'automation.

De même, les processus de fabrication et les machines méritent d'être repensés pour que l'application de la nouvelle technique se fasse dans les conditions les plus rationnelles et les plus économiques.

Cette conception a conduit un groupe de techniciens de l'université de Michigan à se consacrer à l'étude d'un certain nombre de processus industriels en vue de recenser les opérations qui leur étaient communes. Le promoteur de ces travaux, George Brown, a écrit à ce sujet:

« C'est par l'étude des opérations unitaires elles-mêmes et de leurs fonctions que l'ingénieur s'entraîne à reconnaître ces opérations dans un processus industriel nouveau; et c'est en appliquant ses connaissances et son habileté à établir une corespondance entre ces opérations unitaires qu'il devient capable d'étudier, de construire et de faire fonctionner une usine suivant un processus nouveau avec autant de confiance que s'il s'agissait d'un processus déjà éprouvé. »

Ce genre d'analyse appliquée systématiquement à des processus de production d'unités distinctes ouvre la voie à un large développement de l'automatisation.

Le dernier problème à résoudre est celui d'une adaptation des machines aux fabrications et aux produits réétudiés dans la perspective de l'automation. Les recherches antérieures ont déjà permis de concevoir les machines, non plus d'après les produits à fabriquer, mais d'après les fonctions à remplir, en étudiant la possibilité de réaliser simultanément plusieurs fonctions sur la même machine. On est allé plus loin dans la voie de l'automation en assurant l'approvisionnement automatique des machines, en transférant, sans intervention manuelle, le produit d'une machine à une autre et en procédant enfin au contrôle automatique de la production.

5° *Energie et information. — Traitement des informations.*

Au cours de son audition en commission, M. François Raymond, directeur de la Société d'électronique et d'automatisme, a insisté particulièrement sur un aspect important de l'évolution technique actuelle, en partant des considérations suivantes:

Jusqu'au début de la dernière guerre, l'évolution de la technique était gouvernée entièrement par des problèmes d'énergie. La formation traditionnelle des ingénieurs les a dirigés vers la recherche de l'amélioration du rendement énergétique qu'on n'a cessé d'appliquer dans les processus industriels sous la forme du rendement industriel, qui rejoint le terme actuel de productivité, destiné à relancer les idées de bon sens sur l'organisation.

Une notion nouvelle, déjà clairement énoncée aux Etats-Unis vers 1936-1937, s'est affirmée en France depuis 1945. *Il s'agit de l'information en tant que grandeur mesurable qui doit prendre sa place dans tous les processus industriels et d'organisation*, c'est-à-dire dans tous les processus de production considérés dans leur ensemble.

Cette nouvelle notion de l'information a conduit à revoir la notion même de rendement et à concevoir un rendement global en fonction de l'énergie et de l'information mises en jeu.

Si, à certains égards, on peut dire que l'automation n'a eu jusqu'ici qu'une lente évolution, en ce sens que sa conception remonte à une vingtaine d'année, dans d'autres pays que la France, elle marque, en réalité, le début d'une nouvelle ère industrielle, pour reprendre une expression qui a fait fortune.

Les ingénieurs, trop peu nombreux dans notre pays comme en Europe et même dans le monde, qui ont à traiter des problèmes d'automation, doivent posséder des connaissances nouvelles. L'automation se développera dans la mesure où les notions sur l'information seront acquises d'une manière convenable et entreront dans les disciplines des ingénieurs comme les notions portant sur l'énergie qui leur sont familières.

Préalablement à l'évolution technique de l'automation, apparaît la nécessité de programmes d'investigation scientifique et cela est un des points fondamentaux qu'on aurait tendance à négliger.

Dans les pays anglo-saxons de même qu'en U. R. S. S., des chaires, des laboratoires sont créés, des crédits importants sont alloués, destinés à découvrir les lois de la dynamique des processus physiques attachés à des procédés de fabrication.

A la suite de l'exposé de M. Raymond, il convient d'insister sur le caractère fondamental de la notion d'information dans tous les processus d'automation: dans tout système automatisé, le dispositif ou la machine reçoit — de l'extérieur ou par son fonctionnement lui-même — des instructions et, d'une façon plus générale, des informations à partir desquelles il accomplit automatiquement sa fonction ou l'ensemble de ses fonctions.

Le régulateur de Watt, le thermostat d'une chaudière de chauffage central, un calculateur électronique sont autant d'exemples où l'information enregistrée dans le dispositif ou la machine entraîne un effet déterminé. Ces systèmes traitent des informations. Tout problème d'automation revient à trouver les moyens de traiter des informations qui doivent évidemment être transformées dans le « langage » des machines pour pouvoir donner la « réponse » convenable.

La théorie de l'information fait partie d'un ensemble plus vaste qui englobe diverses branches des mathématiques telles que calcul statistique, probabilités, étude des phénomènes

aléatoires, logique mathématique, théorie des communications et également d'autres branches appartenant à d'autres disciplines telles que la physique et la biologie.

L'ensemble de ces connaissances est appliqué à l'étude de la commande, du contrôle et, d'une façon plus générale, des communications, non seulement dans les appareils et machines les plus variés, mais encore dans les opérations mentales qui peuvent être comprises dans le domaine d'utilisation de ces mécanismes.

L'étude rationnelle de l'information a été entreprise depuis plus de 30 ans et a fait l'objet de nombreuses recherches. Dès 1924, l'ingénieur des téléphones Nyquist s'efforçait de définir d'une façon scientifique la notion d'information sélective, tandis qu'en 1927, Hartley proposait une unité de mesure de l'information au congrès international de téléphonie et de télégraphie; un peu plus tard, le physicien Szilard s'inspirant des idées émises par Maxwell en 1871 se proposait d'établir un lien entre l'information et la thermodynamique. La théorie de l'information s'est ainsi précisée davantage et elle est devenue un des fondements des recherches actuelles sur l'automation dans ses développements les plus poussés.

Parmi les nombreux savants qui ont contribué au progrès de ces recherches, nous pouvons citer les noms de Norbert Wiener, Shannon, Gabor, Léon Brillouin, Van der Pol, Fisher, Wald, Sauvageot, O'Connor, Grey Walter, Ashby, Œttinguer et von Neumann.

6° *Les définitions de l'automation.*

Les considérations précédentes suffisent à montrer que l'automation peut prendre des formes très variées et il n'est pas étonnant qu'elle ait donné lieu à de nombreuses définitions qui restent valables pour des applications déterminées, mais deviennent contestables quand il s'agit de définir le phénomène dans son ensemble.

Si l'on remonte à l'origine du mot, c'est à la société Ford que son vice-président, M. Harder, l'aurait employé pour la première fois en 1947, pour désigner l'ensemble des moyens utilisés pour assurer le déplacement entièrement automatique des pièces en cours de fabrication dans une usine de transformation.

En même temps que l'idée d'un développement de l'automatisme dans les processus industriels, le sens du mot a évolué et l'automation a désigné l'ensemble des moyens mis en œuvre pour l'exécution, sans intervention humaine, de toute tâche pouvant constituer l'ensemble ou une partie seulement d'un cycle de production plus ou moins complexe.

L'automation a été ainsi considérée comme une nouvelle conception des techniques de production et John Diebold, qui a lancé lui aussi le mot après M. Harder, l'a définie comme « un moyen d'analyser, d'organiser et de commander nos moyens de production pour réaliser l'utilisation optimale de toutes nos recherches productives, mécaniques et matérielles aussi bien qu'humaines ».

Portant l'accent sur la mise en œuvre des dispositifs automatiques permettant de réaliser des opérations logiques suivant un programme préétabli, M. Naslin, ingénieur en chef de l'armement écarte le mot « automation » et précise que « l'automatisation réside dans la substitution d'organes technologiques aux organes humains d'effort, d'observation, de mémoire et de décision ».

On a aussi présenté l'automation comme une extension de la puissance intellectuelle de l'homme donnant le moyen d'utiliser plus efficacement la puissance des machines. Lorsqu'elle fait intervenir le principe de la rétroaction, certains considèrent même « qu'elle constitue une rupture avec les conceptions classiques et qu'elle est une attitude d'esprit et un objectif de production autant qu'une technique ».

On a pu considérer encore qu'il y avait automation chaque fois que, dans un système homme-machine, prévu pour une fin déterminée, on remplaçait l'action de l'homme par celle de la machine, le seul élément pouvant apparaître comme essentiellement nouveau étant le degré atteint par l'automatisation, grâce à l'application généralisée de techniques récentes comme l'électronique.

On a dit aussi que l'automation était réalisée pleinement quand les machines étaient commandées et contrôlées par des machines, celles-ci étant constituées par des organes tels que servo-moteurs, servo-mécanismes ou servo-systèmes mettant en jeu des dispositifs automatiques asservis, la chaîne de réaction prenant encore le nom de feedback, qui signifie alimentation en retour.

7° *Difficultés rencontrées dans l'élaboration d'une définition.*

Dans un rapport présenté à la session d'études sur l'automation organisée à Londres en mai 1956, sur le plan syndical, par l'Agence européenne de productivité, M. King, du département de la recherche scientifique et industrielle de Grande-Bretagne, a souligné les difficultés rencontrées dans l'élaboration d'une définition de l'automation.

M. King a déclaré à ce sujet:

« Une définition simple, précise, éviterait de nombreuses difficultés d'interprétation. Malheureusement, elle conduirait à des erreurs, car le terme « automation » ne s'applique pas à une évolution isolée, facile à déterminer, mais à un certain nombre d'orientations du progrès technique, indépendantes les unes des autres. Dans un sens, l'automation est une extension de la mécanisation traditionnelle, par exemple la machine-transfert et les techniques avancées de la manutention et de l'assemblage mécanique. Elle couvre aussi les techniques du contrôle automatique, largement utilisées dans l'industrie chimique et la raffinerie de pétrole où la production est contrôlée par des mécanismes auto-correcteurs. En troisième lieu, elle englobe l'application de la calculatrice électronique à la transformation des données qui intéressent la marche des entreprises. »

Une définition de l'automation risque donc toujours d'être trop générale et imprécise, ou trop restrictive dans le cas contraire.

Malgré la diversité des applications de l'automation, on peut tout de même se demander s'il n'est pas possible de dégager un certain nombre de caractères communs qui permettraient de mieux définir le cadre de cette nouvelle technique.

8° *Les caractères essentiels de l'automation.*

Si nous reprenons l'ensemble des faits qui viennent d'être rappelés, nous pouvons tirer déjà quelques conclusions:

1° En règle générale, on ne considère pas l'automation comme une révolution industrielle, mais comme un prolongement et un perfectionnement de la mécanisation dans la perspective d'une production de masse. Il faut toutefois souligner que l'automation est un *facteur d'accélération* de l'évolution technique qui peut entraîner un accroissement rapide de la production dans certains secteurs;

2° L'automation permet d'envisager le remplacement de l'homme dans des tâches qui lui semblaient jusqu'ici réservées;

3° La mise en œuvre de techniques nouvelles, et plus particulièrement le développement de l'électronique, ont conféré aux dispositifs automatiques d'immenses possibilités d'application, notamment dans le domaine des servo-mécanismes, du calcul et de l'information;

4° Si l'on a eu recours depuis longtemps aux dispositifs automatiques dans de nombreuses branches de la production, l'automation en généralise l'emploi d'une façon systématique. Ainsi que le souligne Pierre Naville, « l'automatisme a cessé d'être une combinaison technique rare pour devenir un principe opératoire général »;

5° L'automation ne se limite pas à l'utilisation systématique des dispositifs automatiques de commande, mais conduit à repenser l'ensemble du problème de la production, en ce qui concerne notamment l'élaboration des produits, les processus et les machines;

6° Les tâches de préparation et d'entretien prennent une importance beaucoup plus grande. Elles exigent un personnel plus nombreux, ayant un haut degré de qualification. Un transfert de personnel s'effectue donc à partir des travaux d'exécution qui sont largement assurés par des machines auto-gouvernées;

7° L'automation souligne l'importance du problème de l'information qui doit être un élément fondamental de l'organisation de la production et constitue un des caractères essentiels de la nouvelle technique.

Toutes les applications de l'automation apparemment distinctes trouvent dans l'information leur véritable point de jonction.

9° Le vocabulaire de l'automation.

En 1956, le comité consultatif du langage scientifique a proposé de remplacer le terme « Automation » par « Automatisation ». Dans les publications françaises, ce terme est effectivement plus facilement admis qu'Automation. Mais on rencontre aussi le mot « Automatisme ». Il semble cependant qu'automation soit maintenant un terme trop répandu pour qu'on puisse le rejeter.

Par contre, M. Naslin estime qu'il n'est pas besoin de faire usage de mots étrangers à notre langue: « Nous avons vu, écrit-il, que le vocabulaire de l'automatique pouvait se calquer sur celui de la mécanique. De même que les mécaniciens font de la mécanique appliquée en construisant des mécanismes, les automaticiens font de l'automatique appliquée en créant des automatismes; l'automatisation est le prolongement naturel de la mécanisation ».

De grands organismes professionnels se sont également intéressés au vocabulaire de l'automation: c'est ainsi que le syndicat général de la construction électrique a créé un comité d'études qui, sur les bases d'un travail analogue effectué par le comité électro-technique britannique, a élaboré en 1952-1953 un premier vocabulaire de 229 termes. Ce vocabulaire a été revu et complété par la suite, en tenant compte notamment des travaux effectués en Allemagne sur les normes du réglage automatique et de la documentation fournie par l'association suisse des électriciens. Le comité d'études français a poursuivi ses travaux au cours de l'année 1957 et a fait des propositions à la commission électro-technique internationale pour l'agrément d'un certain nombre de termes.

Parmi les termes généraux retenus par cet organisme, nous pouvons citer:

- *Automatique* (substantif): partie de la science ou de la technique qui étudie la réalisation et l'emploi des commandes automatiques.

Automatisme: mode de fonctionnement assuré par une ou plusieurs commandes automatiques.

Automatisation:

1° Transformation d'une installation dans le but d'utiliser les commandes automatiques;

2° Tendance à la généralisation des commandes automatiques par l'étude de celles-ci et par celle des moyens de fabrication correspondants.

La double signification donnée au mot « Automatisation » nous confirme dans l'idée que le terme « Automation » mérite d'être pris en considération pour éviter toute ambiguïté.

Pour en terminer avec ce bref aperçu sur le vocabulaire courant de l'automation, il nous reste à définir ce qu'on entend par « cybernétique ».

L'origine du terme est très ancienne et l'on a pu préciser qu'il a déjà été utilisé par Platon, puis par Ampère. Le mot grec signifie « pilote d'un navire » dont le dérivé latin a conduit au mot « gouvernail ». Quant au terme « cybernétique », il a été forgé en 1947 par un groupe de savants américains, animé par le docteur Rosenblueth et le mathématicien Norbert Wiener, à la suite de travaux poursuivis en commun depuis 1942 sur l'ensemble des problèmes ayant trait à la communication, au contrôle et à la mécanique statistique. Ces travaux portant aussi bien sur l'être vivant que sur les machines ont permis d'établir d'intéressants rapprochements entre les interprétations des phénomènes de communication dans le monde vivant et le monde des machines, ainsi que de confirmer l'importance fondamentale de la notion d'information dans l'étude d'une grande diversité de problèmes, apparemment distincts mais effectivement liés par cette même notion. La cybernétique englobe l'étude de tous ces problèmes. Elle peut être considérée comme la clé de voûte de l'automation.

10° Origines et raisons du développement de l'automation.

Nous avons vu que les premières applications de l'automatisme (dispositifs automatiques, procédés automatiques, automates, etc.) sont très anciennes.

Sans remonter aux réalisations des temps les plus reculés, nous rappellerons que le régulateur de Watt date de 1775. Le métier à tisser Jacquard — qui peut être considéré comme l'ancêtre des machines fonctionnant avec instructions enregistrées sur carton perforé — a été inventé en 1801. Il y a plus d'un demi-siècle que le docteur Hollerith imaginait une machine à statistiques pour faciliter des opérations de recensement démographique aux Etats-Unis. Les machines-transfert ont fait leur apparition en Europe depuis plus de 35 ans.

Mais l'automation ne s'est réellement développée qu'à partir de la dernière guerre pour des raisons à la fois militaires et techniques. Ce sont les Etats-Unis qui s'engagèrent alors les premiers dans cette voie, en raison de la nécessité où ils se trouvaient de produire davantage et avec une main-d'œuvre raréfiée.

Les Etats-Unis possédaient en outre l'infrastructure technique tant en ce qui concerne les connaissances que le matériel, pour pouvoir mettre en œuvre de nouveaux procédés de production de masse. L'électronique a joué un rôle moteur dans cette évolution en permettant la réalisation de moyens de commande et de contrôle appropriés.

D'autre part, le mouvement d'idées amorcé en 1942 par le docteur Rosenblueth et Norbert Wiener, a donné une impulsion particulière à l'automation en dégageant les perspectives de la théorie de l'information et en créant cette science nouvelle qui allait devenir la cybernétique.

Après les réalisations importantes qui eurent lieu d'abord dans le domaine militaire pour s'étendre ensuite au domaine industriel, l'automation n'a cessé de se développer dans les pays les plus fortement industrialisés et l'on sait toute l'importance que l'on accorde maintenant à cette nouvelle technique dans les orientations actuelles de la production des nations les plus puissantes.

11° Les différentes formes de l'automation.

Ainsi que nous l'avons vu précédemment, l'automation s'applique dans des domaines très différents. Toutefois, toutes les applications peuvent se rattacher aux trois grands groupes suivants:

1° L'automation « type Détroit » (C'est en effet aux usines Ford à Détroit qu'on a procédé à la première expérimentation de ce type de production appelée encore « intégration » ou « production automatique continue »).

Dans cette conception, les opérations de fabrication s'effectuent, sans intervention humaine, suivant un processus continu assurant le déplacement automatique du produit le long de la chaîne;

2° Les servo-mécanismes groupant l'ensemble des dispositifs de commande et de contrôle à réaction qui permettent d'accomplir des opérations de production sans qu'il soit nécessaire à l'homme d'en commander et contrôler l'exécution;

3° Les ensembles électroniques de calcul et d'information, permettant d'enregistrer des programmes d'instruction et d'en assurer automatiquement l'exécution à partir d'informations codifiées, pouvant être stockées dans les machines et pouvant faire l'objet d'opérations plus ou moins complexes, comportant même des comparaisons capables de fournir des éléments quantitatifs de décision.

IV. — Application de l'automation dans les différentes branches d'activité.

Les techniques de l'automation se développent progressivement tant dans le domaine administratif que dans celui de l'industrie et trouvent également leur application dans les autres branches d'activité. Dans les pays fortement industrialisés, l'automation occupe déjà une place importante.

1° Automation industrielle.

A la suite de la mécanisation qui a transformé considérablement les conditions de la production en mettant à la disposition de l'industrie des machines de plus en plus perfectionnées, munies de dispositifs automatiques pour certaines de leurs fonctions, l'automation accélère l'évolution des techniques industrielles en généralisant l'emploi de ces dispositifs, en les appliquant à de nouvelles fonctions pour aller jusqu'à l'exécution entièrement automatique de l'ensemble des tâches de certains processus de fabrication.

a) Les étapes du machinisme industriel.

La machine est venue se substituer à l'outil, objet passif entre les mains de l'homme et destinée à accroître son rendement. Elle est un système souvent complexe qui est capable

de remplacer l'homme et utilise une forme d'énergie appropriée en vue d'accomplir une certaine action proposée par l'homme. Dans ses applications les plus simples, la machine assure une seule fonction entièrement commandée par l'homme. Des perfectionnements successifs ont rendu les machines semi-automatiques et permis l'exécution simultanée de différentes opérations commandées en partie par l'homme, en partie par des dispositifs de diverses natures. La recherche de l'automation complète a conduit à confier entièrement la commande et la régulation des machines à des systèmes automatiques.

b) Machines isolées, machines à usages multiples, machines-transfert.

En allant du simple au complexe, l'automatisme s'applique d'abord à la machine isolée conçue pour effectuer un ou plusieurs cycles d'opérations, puis à la machine à usages multiples qui peut être utilisée à diverses fins par la combinaison d'éléments normalisés, enfin à la machine-transfert qui permet d'exécuter une série d'opérations successives, en assurant la fixation automatique des pièces à chaque poste de travail et leur usinage entièrement automatique par un travail simultané à plusieurs outils pouvant agir sur plusieurs faces, ainsi que l'exécution de toutes les opérations annexes, telles que: évacuation des copeaux, lubrification, etc.

L'automatisme de ces fonctions peut être assorti d'un système de contrôle et de régulation qui agit sur la commande pour tenir compte des conditions d'exécution du travail. C'est ainsi qu'un dispositif de calibrage peut permettre d'arrêter instantanément la machine quand la pièce en cours de fabrication atteint la limite des tolérances d'usinage.

c) Trains-transfert.

Pour accroître encore l'automatisme dans l'exécution d'une série d'opérations d'usinage, on a recours à des ensembles de machines où les pièces sont fixées automatiquement à chaque poste de travail et amenées aux différents postes d'usinage le long d'une chaîne entièrement automatisée. Des dispositifs de contrôle peuvent comporter des signaux de réponse à la suite des opérations de vérification. Ces signaux ont pour effet d'arrêter la machine et d'indiquer l'emplacement où il y a lieu d'effectuer une correction sans que celle-ci soit effectuée automatiquement.

En définitive, on n'a pas encore atteint dans ce genre de fabrication — en dehors des installations à caractère expérimental — l'automatisation totale qui comprendrait l'exécution automatique des tâches, avec approvisionnement et manutention automatiques depuis le stade de la matière première jusqu'au produit fini, le contrôle permanent de l'exécution provoquant automatiquement l'arrêt de l'installation, l'élimination des pièces défectueuses et le remplacement des outils usés.

Dans l'automation type Détroit, la régulation reste ainsi un système en chaîne ouverte et ce n'est qu'à titre exceptionnel qu'elle devient un système à boucle fermée.

d) Machines à commande individuelle automatique.

La commande individuelle automatique est réalisée soit dans les machines reproductrices de profil, soit dans les machines commandées par des calculateurs.

Dans le premier cas, la machine-outil est commandée par l'intermédiaire d'un dispositif qui reçoit les indications d'un palpeur assujetti à se déplacer suivant le tracé d'un modèle ou d'un gabarit de la pièce à usiner. Dans certaines réalisations, le palpeur est remplacé par un capteur électro-magnétique (c'est le cas du duplicatron conçu par la Société d'électronique et d'automatisme) qui, en fonction de son enfoncement par le gabarit, met en jeu des tensions dans un petit calculateur analogique. Ce dernier transmet les instructions utiles aux servo-mécanismes qui commandent le mouvement de l'outil. Il existe également des dispositifs optiques qui assurent la reproduction d'un profil à partir de la visée du tracé à suivre. Enfin, la commande de la machine peut être réalisée à l'aide d'un ruban magnétique comportant l'enregistrement des instructions à la suite d'une opération manuelle préalable.

En dehors des machines reproductrices de profil qui peuvent utiliser des dispositifs de calcul comme nous venons de l'indiquer, la commande individuelle automatique des machines-outils peut être assurée par des calculateurs électroniques numériques. Parmi les réalisations actuelles les plus connues, il convient de citer la fraiseuse à commande automatique qui a été mise au point par la Société Ferranti en Grande-Bretagne.

Dans cette réalisation, les données relatives aux opérations à effectuer sont enregistrées sur ruban perforé en indications numériques. Ce ruban est exploré automatiquement par un calculateur électronique, extérieur à la machine-outil, qui transforme les données numériques en instructions de travail de l'outil suivant les trois axes de coordonnées. Ces instructions sont alors transmises, par l'intermédiaire d'un ruban magnétique à trois pistes, aux organes de commande de la machine munie d'un dispositif approprié mis en œuvre par les enregistrements fournis par la calculatrice.

La commande numérique des machines-outils présente de grandes possibilités d'application. L'enregistrement des données peut s'effectuer à l'aide de cartes perforées, de rubans perforés ou de rubans magnétiques. Dans les machines dites à programmes codés, l'enregistrement comporte seulement la commande du cycle des opérations, celles-ci étant assurées à l'aide d'un réglage prédéterminé de la machine, constitué par un système de cames par exemple. Dans d'autres machines, l'exécution des opérations est — comme nous l'avons vu — réalisée par des systèmes commandés par le programme enregistré dans la machine.

c) Les applications multiples des régulateurs automatiques et des servo-mécanismes.

Les exemples précédents ont déjà souligné l'importance des dispositifs de contrôle automatique dans les réalisations industrielles.

Ces dispositifs sont souvent désignés sous le nom de servo-mécanismes dont la définition reste encore très controversée parmi les techniciens qui ont tendance à lui donner un sens correspondant assez étroitement à leur spécialité.

Afin de donner une définition ayant un caractère général, sans toutefois nuire à sa précision, il paraît nécessaire de revenir aux notions de base du contrôle automatique et cela conduit à examiner de façon distincte deux catégories de contrôleurs automatiques nettement différenciés: *les régulateurs automatiques et les servo-mécanismes.*

Les régulateurs automatiques assurent le maintien à une valeur constante d'une grandeur physique dite *grandeur réglée.* Ce sont des mécanismes qui agissent sous l'effet de la variation d'une grandeur pertubatrice sur les conditions de fonctionnement de la machine, afin que celle-ci soit ramenée à son régime initial, défini pour la grandeur réglée.

Ainsi, dans le groupe électrogène d'une centrale, le régulateur tachymétrique agit sur l'admission du fluide moteur en fonction de l'écart de vitesse existant entre la vitesse réelle du groupe et la vitesse de référence.

En définitive, un régulateur automatique est un contrôleur automatique dont l'effet constant tend au maintien d'une valeur de référence fixe.

Les servo-mécanismes se différencient des régulateurs automatiques en ce sens que la valeur de référence est variable au lieu d'être fixe et que l'effet tend à reproduire les variations de cette valeur de référence.

Un exemple de servo-mécanisme est fourni par un contrôle de position en circuit fermé qui assure le maintien de la correspondance angulaire entre un arbre primaire et un arbre secondaire, quelle que soit la vitesse de l'arbre primaire.

Un servo-mécanisme est donc un contrôleur automatique dont l'effet est de suivre les variations d'une valeur de référence qui constitue la commande du servo-mécanisme.

La distinction entre les régulateurs automatiques et les servo-mécanismes n'est toutefois pas toujours aussi marquée. Il existe en effet des *régulateurs de correspondance* dans lesquels la grandeur de référence peut varier dans le temps. On dit alors que le système réglé fonctionne en servo-mécanisme.

La régulation automatique et les servo-mécanismes tiennent une large place dans la réalité industrielle et font appel aux diverses techniques de la mécanique, de la thermo-dynamique, de l'électricité. Avec la technique des courants faibles, l'électronique a donné un nouvel essor à ce développement et Norbert Wiener a pu écrire que nous étions entrés dans le siècle des servo-mécanismes.

f) Les principales branches d'industries automatisées.

La pénétration de l'automatisme dans l'industrie dépend évidemment de la nature de la production. Certaines fabrications sont plus automatisables que d'autres et, au niveau actuel de la technique, l'automatisme trouve principalement son application dans les industries de production d'énergie, dans les industries à flot continu, dans certaines industries de transformation, dans les transports et télécommunications.

La suppression totale du travail humain qui serait le fait d'une automation complète n'est pratiquement pas réalisée et si certains processus de production sont effectués théoriquement sans intervention directe d'ouvriers, ceux-ci interviennent néanmoins de façon importante au stade de la préparation, de la surveillance et de l'entretien.

Dans l'inventaire des branches automatisées, il sera donc question essentiellement *d'automation partielle* et non *d'automation totale*.

1. — *Industries de production d'énergie:*

Quelle que soit leur nature, les centrales de production d'énergie exigent un important appareillage de régulation portant notamment sur le contrôle des opérations, la mesure des débits et des tensions, l'enregistrement et la transformation d'informations.

Les centrales *électriques* recourent très largement à la régulation automatique. Les progrès accomplis en matière d'enregistrement et d'action à distance ont conduit à rendre automatique, par exemple, la conduite des fours et chaufferies des centrales thermiques. La production d'énergie des centrales donne lieu à des manœuvres très concentrées, qui vont jusqu'à la télécommande des centrales auxiliaires, à partir d'une centrale directrice. La nécessaire coordination des opérations conduit à envisager le développement des tableaux de bord et pupitres de commande qui permettent d'agir sur tout un ensemble à partir d'un poste central.

L'automatisme se révèle en outre comme un élément indispensable de sécurité dans le cas de l'exploitation des centrales nucléaires.

2. — *Industries à flot continu:*

L'automatisme peut aussi intervenir largement dans les industries où les processus sont continus. Qu'il s'agisse de la fabrication de liquides, de matériaux plastiques, de barres, de fils, de produits en poudre, ces usines sont caractérisées par l'uniformité et le gros débit de leur production portant souvent sur un seul produit à caractéristiques constantes.

On peut classer dans cette catégorie les industries du pétrole et de la chimie, les matières plastiques en fils, rubans et bandes, les produits sidérurgiques laminés, le traitement de certains produits alimentaires liquides, plastiques et en poudre.

Pour l'ensemble de ces fabrications, l'automatisme est réalisé à l'aide de régulateurs et servo-mécanismes qui peuvent être mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, et électroniques. Dans la plupart des cas, le contrôle s'exerce non pas sur les qualités intrinsèques du produit, mais sur des paramètres extérieurs à lui qui définissent en fait ses caractéristiques.

C'est ainsi que le contrôle automatique de la température, de la pression, du débit suffit souvent à assurer la constance de la qualité d'un produit chimique en cours d'élaboration.

Ce contrôle indirect est beaucoup plus aisé que celui qui consisterait à faire agir les dispositifs de régulation sur les facteurs intervenant dans les réactions, ce qui entraînerait l'utilisation d'appareils automatiques d'analyse des produits suffisamment rapides et précis pour répondre aux exigences de la fabrication.

Dans l'industrie des *carburants*, chaque opération élémentaire d'une raffinerie relève de l'automation. On ne sera donc point étonné que le rapport chiffre d'affaire par homme y soit jusqu'à 20 fois plus élevé que dans l'industrie mécanique.

Dans les industries alimentaires, il convient de souligner la part importante du conditionnement des produits liquides et solides qui met en œuvre toute une gamme de machines automatiques.

Certaines industries *alimentaires* vont, en fait, sensiblement plus loin que le simple conditionnement de leurs produits.

L'exemple de la fabrication du sucre est connu: déchargement automatique des betteraves, acheminées par vis d'Archimède ou élévateurs vers l'atelier de lavage et le coupe-racines, les autres opérations étant continues ou en voie de le devenir: diffusion du sucre en sirop, épuration, filtration, évaporation et même cristallisation.

3. — *Industries de transformation.*

Dans ces industries, les processus de fabrication sont discontinus. Il s'agit d'une suite d'opérations d'usinage, de manutention et de montage qui sont du domaine de l'*automatisme de séquence* dont les moyens principaux sont, d'une part, les contacteurs et relais, d'autre part, les servo-mécanismes à air comprimé, hydrauliques ou électriques.

Les industries de transformation couvrent un ensemble de productions très variées, telles que l'automobile, la machine-outil, le matériel électrique, etc.

Les entreprises intéressées par l'automation comprennent aussi bien la petite usine spécialisée dans la production en série d'un nombre limité de types de pièces que la grande usine d'automobiles dotée de grandes chaînes de fabrication.

Pour les productions de masse qui exigent un usinage complexe entraînant de multiples changements de position et de nombreuses manutentions, on constate bien souvent que le temps passé pour la fabrication proprement dite n'est qu'une fraction relativement peu élevée du temps exigé pour l'ensemble des opérations. Dans ce cas, la machine-transfert permet d'effectuer des gains de temps considérables.

Les avantages d'un tel système sont importants: abaissement très sensible de l'effectif ouvrier de production; réduction des superficies de travail; rendement énergétique deux à trois fois supérieur: limitation des stocks et constance de la qualité.

La machine-transfert n'intéresse pas seulement la construction automobile, elle est utilisée également pour la construction de nombreux ensembles tels que moteurs électriques, compteurs à eau ou à gaz, robinetterie, machines à écrire ou à coudre et la fabrication de la grosse horlogerie.

L'automatisation du *montage* dans les industries mécaniques est beaucoup plus difficile. Ici intervient la complexité des éléments à assembler, avec exécution d'opérations d'emmanchement et de fixation dans toutes les directions. Dans ce cas, l'intervention humaine est plus difficilement exclue de la fabrication dans des conditions rentables. Ainsi, dans l'industrie de la construction électrique, très soucieuse de progrès, on fait encore appel à un personnel opérateur pour le montage des tubes électroniques ou celui des postes de télévision. Il existe toutefois, depuis quelques années, des systèmes de montage automatique appliqués notamment pour l'appareillage électrique utilisant des circuits imprimés.

Dans les *industries textiles*, c'est de perfectionnement des machines à filer et des métiers à tisser qu'il faut parler, plutôt que d'automation. L'intervention humaine est ici constante, et il n'apparaît pas que des différences sensibles de mécanisation puissent être notées selon les pays producteurs.

g) Les transports et télécommunications.

L'automation permet d'accroître sensiblement la productivité dans les transports, en même temps qu'elle assure une plus grande sécurité. C'est ainsi qu'elle intervient largement dans la signalisation des chemins de fer. Le système du cantonnement, conçu pour éviter le rattrapage d'un train par un autre sur une même voie a donné lieu à la mise en œuvre de différentes techniques de transmission de l'information pour assurer la circulation des trains dans des conditions rigoureuses, alliant la rapidité à la sécurité. Le bloc automatique est appliqué sur un circuit de voies isolées qui est alimenté par une source de courant et connecté à un relais de voie court-circuité par le passage d'un train entraînant automatiquement un signal d'arrêt. La commande centralisée permet au régulateur de commander les circulations et de contrôler les itinéraires sur une grande distance. Il est également possible d'enregistrer à l'avance plusieurs circulations s'étendant sur une période assez longue grâce à des dispositifs permettant de préparer les itinéraires et d'assurer le mouvement des trains sans intervention humaine. Ce sont les trains eux-mêmes qui déterminent la succession des opérations suivant les instructions du programme enregistré. On prévoit aussi, à la suite de premiers essais remontant à plusieurs années, la communication entre régulateur et conducteur d'une locomotive électrique et la répétition des signaux sur locomotive pour assurer un renforcement de la sécurité. On peut enfin concevoir la télécommande des trains qui assurerait véritablement la réalisation du chemin de fer automatique. Les installations de triage peuvent bénéficier également des applications des techniques d'automation et il existe notamment d'importantes réalisa-

tions électroniques sur de grands triages où les freins de voie sont commandés automatiquement en fonction des informations recueillies par des indicateurs de vitesse situés en aval de la bosse et transmises à des calculatrices qui déterminent les éléments du freinage dans des conditions déterminées.

La télécommande ne se limite pas au chemin de fer et l'on a procédé déjà à des expériences tendant au contrôle automatique de la conduite des voitures automobiles sur certaines autoroutes des Etats-Unis.

Dans le même ordre d'idées, il convient de rappeler le pilotage automatique des avions.

Parmi les modes de transport, le pipe-line est sans doute un de ceux qui, par la nature même du produit transporté, peuvent bénéficier le plus largement des applications de l'automation.

Il en est de même pour le transport du courant électrique qui, en d'autres exemples, donne lieu à la mise en œuvre de systèmes automatiques pour la régulation de la fréquence et l'interconnexion des postes.

h) L'industrie atomique.

Dans les centrales atomiques, l'automation s'impose pour la régulation de certains processus de production qui exigent l'utilisation de dispositifs de commande et de contrôle à fonctionnement ultra-rapide et d'une précision rigoureuse. En outre, des raisons de sécurité conduisent à l'emploi généralisé de dispositifs de télécommande.

2° *Automation administrative.*

La mécanisation des tâches et leur automatisation n'intéressent pas seulement la production industrielle, mais peuvent s'appliquer aussi à de nombreux travaux administratifs présentant généralement les caractéristiques suivantes:

— Opérations répétitives portant sur de grandes masses de documents;

— possibilité de décomposer ces opérations en éléments simples soumis à des classements, à des calculs, à des ventilations et à des regroupements correspondant aux résultats recherchés.

Sans remonter au boulier des anciens et aux divers instruments qui permirent l'introduction du calcul mécanique, on peut considérer la machine arithmétique de Pascal comme la première réalisation des machines à calculer dont le développement ne s'affirme réellement qu'à partir de la fin du dix-neuvième siècle.

Il convient toutefois de signaler que, dès 1822, l'idée du calcul automatique — telle qu'elle se retrouve aujourd'hui dans la conception des grands calculateurs modernes — avait été lancée par le mathématicien anglais Charles Babbage qui avait mis à l'étude une machine à programme enregistré pour une suite d'opérations données devant s'effectuer sans intervention humaine.

a) Les machines à cartes perforées.

La mécanisation du calcul a suivi l'évolution des techniques. Les machines à calculer, puis les machines comptables ont déjà permis d'alléger sensiblement l'exécution des travaux administratifs; ce n'est cependant qu'avec les applications de la machine à carte perforée que la mécanisation a pris son véritable essor. Utilisée pour la première fois en 1805 par Jacquard pour la commande de son métier à tisser, puis en 1889 par le docteur Hollerith pour les opérations de recensement effectuées aux Etats-Unis, la carte perforée permet d'effectuer toute une gamme d'opérations à partir d'une information de base enregistrée et contrôlée une fois pour toutes. Pour les travaux administratifs, la carte perforée est un support de l'information à partir duquel on peut envisager l'exécution automatique d'opérations de classement, de calcul, de cumul, de ventilation et de récapitulation.

Les cartes les plus couramment utilisées comportent quatre-vingts colonnes suivant lesquelles l'information peut être répartie.

L'enregistrement des données est effectué à l'aide de machines à touches par des opérateurs — ou plus généralement par des opératrices — dont la cadence de travail peut dépasser 12.000 perforations à l'heure (soit plus de trois perforations à la seconde). L'exactitude de l'information étant d'une importance primodiale dans ce genre de travaux, le contrôle de la perforation est assuré par des machines d'un type voisin de la machine à perforer. Après la préparation des cartes, qui reste l'opération la plus manuelle, leur exploitation est réalisée soit mécaniquement, soit électriquement dans des machines à vitesse relativement élevée, qui permettent, sans grande intervention d'opérateur autre que l'approvisionnement en cartes, de traiter les informations de base pour en extraire les résultats correspondant à un programme donné. Les machines les plus couramment utilisées dans ces installations sont la trieuse, qui assure le classement des cartes dans un ordre déterminé, et la tabulatrice, qui effectue des opérations arithmétiques simples sur les données — principalement des totalisations — et qui réalise l'impression des états statistiques et comptables. Différentes autres machines, telles que la reproductrice, l'interclasseuse, la calculatrice, viennent compléter la gamme des machines à cartes perforées pour l'exécution de divers travaux particuliers.

Des perfectionnements successifs ont conféré aux machines à cartes perforées de larges possibilités d'utilisation. Parmi ces perfectionnements on peut citer les tableaux de connexions amovibles, les sélecteurs, le contrôle automatique, les machines connectées, les tabulatrices à cycles fixes, à cycles indépendants, etc.

La vitesse de tri sur une colonne, variable suivant les types de machines, s'échelonne entre 400 et 1.000 cartes par minute. Les tabulatrices fonctionnent à une vitesse de 100 à 150 cartes par minute, la vitesse en liste (avec impression pour chaque carte) étant souvent inférieure à la vitesse en tabulation (avec impression limitée à un ensemble de cartes).

b) Le champ d'application des machines à cartes perforées.

Les machines à cartes perforées sont largement utilisées pour l'exécution des travaux administratifs d'entreprises de nature et d'importance très variées.

Elles trouvent leur application notamment dans la tenue de fichiers importants difficilement exploitables manuellement, dans la préparation de statistiques complexes, dans la comptabilité et l'établissement de la paye du personnel.

En matière de comptabilité, les équipements à cartes perforées permettent d'effectuer dans des conditions avantageuses, en dehors de la comptabilité générale, une quantité de travaux ayant trait à la comptabilité industrielle, au quittancement, à la comptabilité fournisseurs, à la comptabilité clients, à l'analyse des ventes, à la comptabilité prix de revient, au contrôle budgétaire...

Les machines à cartes perforées trouvent un large emploi dans l'exécution des travaux des administrations et des entreprises où le volume des travaux administratifs est particulièrement important (banques, assurances, sociétés de transport par fer et par air, compagnies de distribution de gaz et d'électricité).

On peut enfin recourir à ce matériel pour effectuer certaines opérations de calcul scientifique. Les tabulatrices à cycles indépendants ou celles à programme de contrôle, ainsi que les calculatrices électroniques utilisées en mécanographie classique, permettent de résoudre des problèmes comportant une suite d'opérations avec application répétée de formules algébriques par exemple.

Ces dernières applications ont retenu l'attention des chercheurs dans de nombreux domaines intéressant notamment la mécanique des fluides, l'aéronautique, la balistique, l'industrie atomique.

c) De la mécanisation à l'automation des tâches administratives.

Avec les machines à cartes perforées, la mécanographie classique a apporté déjà une importante contribution à l'automatisation des tâches administratives. La réalisation d'ensembles de machines et la connexion établie entre certaines d'entre elles ont permis l'exécution de travaux en chaîne avec une réduction sensible des interventions manuelles. Toutefois, celles-ci ont conservé encore une large place dans le processus de production et les opérations qui restent à effectuer entre les machines sont parfois d'une certaine complexité.

Par leur conception même, les machines à cartes perforées conduisent à décomposer les tâches administratives en tranches successives, nécessitant des tris de cartes distincts pour le traitement d'informations devant être ordonnées à une seule fin. Toute nouvelle demande de renseignements exige le déclenchement d'un nouveau processus.

En outre, malgré les perfectionnements techniques apportés, surtout depuis une vingtaine d'années, à ces équipements, la vitesse de ces machines est restée limitée par la présence d'organes mécaniques et leur capacité s'est révélée insuffisante pour de nombreux travaux comportant une grande masse d'informations.

La technique de l'électronique a cependant permis d'accroître sensiblement la vitesse de certaines machines à cartes perforées (exemple: trieuses à 1.200 cartes par minute) et de réaliser des calculatrices ayant un rendement beaucoup plus élevé et offrant des possibilités beaucoup plus grandes que les matériels précédents.

d) Les grands ensembles électroniques.

On ne s'est pourtant engagé réellement dans la voie de l'automation administrative qu'avec les machines intégrées ou grands ensembles électroniques constitués de machines interconnectées permettant, à partir de l'enregistrement d'informations de base et d'un programme, d'assurer automatiquement toutes les opérations d'un processus déterminé, avec autocontrôle, pour obtenir les résultats cherchés en tenant compte de toutes les particularités du programme.

Ces grands ensembles font largement appel pour leur réalisation aux techniques de l'électronique, qui sont appliquées notamment dans la construction des organes de commande, de contrôle, de calcul et de stockage des informations, cette dernière notion étant à la base de la conception des grands ensembles.

C'est précisément le développement de l'électronique qui a orienté les chercheurs américains, au cours de la dernière guerre, vers l'utilisation de cette technique offrant de grandes possibilités pour réaliser d'abord des analyseurs différentiels, qui étaient constitués antérieurement par des organes mécaniques.

A la fin de la guerre, les Etats-Unis disposèrent d'une série de calculateurs numériques à grande vitesse de calcul et à grande capacité. C'est ainsi que le calculateur Mark I à programme, étudié depuis 1938 par le professeur Aiken, fut achevé au laboratoire de Harward vers la fin de la guerre, tandis qu'une nouvelle machine Mark II était réalisée en 1946. C'est au début de cette même année que fut installé à l'université de Pensylvanie le calculateur et intégrateur numérique électronique connu sous le nom de ENIAC.

Par des voies différentes, l'étude des grandes calculatrices a été poursuivie dans les autres pays et notamment en France, où l'on peut citer que dès 1936, M. Louis Couffignal, actuellement inspecteur général de l'enseignement technique, avait conçu le projet d'une machine à programme avec chiffreurs de réserve correspondant aux organes de mémoire des calculateurs modernes.

La technique de la construction de ces machines a suivi une rapide évolution dans le sens de l'utilisation d'un matériel allégé ayant des caractéristiques d'emploi toujours plus intéressantes.

La construction de ces machines, capables de calculer 100.000 fois plus vite que des opérateurs exercés, repose sur les principes essentiels suivants:

— utilisation de la technique des courants faibles dans la création de montages avec lampes triodes permettant notamment la réalisation de dispositifs à grande amplification;

— emploi de supports d'information à action instantanée (tores magnétiques ou ferrites) ou à temps d'accès très court (bandes, tambours et disques magnétiques);

— recours à une arithmétique faisant appel à deux symboles seulement (arithmétique binaire) et permettant, à l'aide de la seule combinaison des positions « ouvert » et « fermé » d'un circuit électrique, de transmettre des informations nécessaires à une opération et de profiter ainsi de tous les avantages des montages purement électriques.

La transposition de la numération décimale en code binaire augmente, dans le rapport d'environ 3 à 1, le nombre des caractères à utiliser, mais l'accroissement considérable de la vitesse des opérations permet de négliger cet inconvénient.

De plus les conditions d'utilisation du système binaire dans les calculatrices électroniques permettent de procéder à des opérations de comparaison, à de *véritables opérations logiques* en application des théories développées dans l'algèbre de Boole. On dispose en effet avec le système binaire de deux symboles qui peuvent être affectés aux réponses « oui » et « non » à toutes les questions posées et cette possibilité, combinée avec l'utilisation d'organes de stockage des informations, permet de prévoir des chaînes d'opérations présentant une analogie étroite avec un processus de raisonnement logique se développant dans le cadre d'un programme établi par des opérateurs. Ainsi, la machine effectue avec rapidité et sûreté les opérations d'un programme qui peut être des plus complexes, mais l'homme intervient nécessairement dans la conception et la préparation du plan de travail.

Le programme joue un rôle fondamental dans les ensembles électroniques. En mécanographie classique, c'est le tableau de connexions qui permet d'enregistrer l'ensemble des instructions données à la machine en vue d'assurer le déclenchement automatique de certaines fonctions en cours d'exécution du travail. Malgré les perfectionnements apportés aux machines à cartes perforées, les combinaisons offertes par les tableaux de connexions demeurent assez limitées et ne se prêtent pas au traitement des cas particuliers qui peuvent se présenter au cours d'un processus d'opérations. Dans un ensemble électronique, au contraire, on dispose d'un programme d'instructions codifiées correspondant à une chaîne d'opérations complexes et comportant toutes les dispositions à prendre pour résoudre les cas particuliers dans l'enchaînement normal des opérations, comme on le ferait dans la méthode manuelle. En outre, le déroulement de ce programme s'effectue à une vitesse comparable à celle du calcul. On a recours pour cela à la « mémoire » de la machine qui est l'organisme support des informations citées plus haut où l'on peut emmagasiner le programme d'instructions codifiées au début du travail, comme on enregistre les résultats intermédiaires, des barèmes et d'une façon plus générale toutes les informations utiles au cours d'un même processus. La mémoire est donc un organe qui permet d'enregistrer et de restituer des informations au moment précis où l'on en a besoin. Cet organe doit aussi assurer l'effacement des nombres enregistrés pour les remplacer par d'autres et toutes ces opérations doivent se succéder à une vitesse qui est du même ordre de grandeur que la vitesse de calcul.

Les dispositifs conçus pour la réalisation des « mémoires » sont très variés. Les mémoires électrostatiques utilisent des tubes cathodiques analogues aux tubes de télévision pour recevoir sur un écran des spots positifs ou négatifs représentant des nombres binaires. Ces organes présentent l'avantage d'être à fonctionnement rapide, le temps d'accès étant de l'ordre de 100 microsecondes.

Toutefois, en raison de leur prix très élevé, et de leur fragilité, on préfère recourir à d'autres types de mémoires. Les mémoires à tores magnétiques sont particulièrement intéressantes. Elles sont constituées par des réseaux de petits anneaux en ferrite de 2 millimètres de diamètre environ qui sont traversés par des fils conducteurs. L'état de magnétisation de ces tores varie avec le sens du courant et un circuit d'exploration permet de recenser l'état positif ou négatif de chaque ferrite à la vitesse de 10 microsondes seulement par caractère, ce qui correspond à une possibilité d'exploration de 100.000 caractères à la seconde.

D'un faible encombrement et partant, d'une grande possibilité de stockage des informations, les ferrites sont d'un emploi qui se généralise de plus en plus, bien que la constitution des réseaux exige encore un important travail artisanal. Pour donner une idée de la capacité de ces organes, précisons que l'ordinateur de calcul scientifique 704 IBM dispose d'une mémoire à ferrites qui peut enregistrer l'équivalent de plus de 325.000 chiffres décimaux.

Parmi les autres organes de mémoire, il convient de citer les bandes magnétiques analogues à des bandes de magnétophone sur lesquelles on peut enregistrer des informations par spots magnétiques binaires. Une bande magnétique permet d'enregistrer plusieurs millions de caractères, mais son temps d'accès est relativement lent, la lecture de 15.000 à 20.000 caractères exigeant une seconde. Pour accroître la vitesse d'accès, on a recours à des tambours ou à des disques à surface magnétique qui tournent à grande vitesse. On dispose ainsi de mémoires de capacité moyenne (de 10.000 à 200.000 chiffres décimaux environ) avec un temps d'accès qui est de l'ordre de la dizaine de milliseconde.

En définitive, un grand ensemble électronique numérique comprend un certain nombre d'unités interconnectées, en nombre variable, dont les caractéristiques d'emploi ont été étudiées en vue d'assurer dans les conditions les plus rapides le

traitement d'une grande masse d'informations, en mettant en œuvre toute une technique nouvelle éliminant en grande partie les organes mécaniques et faisant largement appel à l'électronique.

Les éléments constitutifs de ces ensembles comprennent:

— des organes d'entrée du programme et de l'information de base fournis sous forme de cartes perforées, de bandes perforées et surtout de bandes magnétiques qui, en raison de leur capacité et de la vitesse d'exploration qu'elles permettent, assurent l'alimentation des machines dans les meilleures conditions. (Les bandes magnétiques sont lues à la vitesse de 15.000 caractères à la seconde dans certaines machines, dans d'autres, la vitesse est encore plus élevée) ;

— des organes de mémoire constitués généralement par des réseaux de ferrites, des tambours magnétiques et des bandes magnétiques;

— une unité centrale arithmétique et logique à grande vitesse de calcul. (Le calculateur 704 IBM peut effectuer en une seconde soit 40.000 additions, soit 4.000 multiplications, soit 9.000 divisions de nombres comportant dix chiffres significatifs. Il existe d'autres machines, comme le NORC, où ces vitesses sont encore plus élevées.) ;

— un organe de contrôle central, sorte de « dispatching », qui assure le contrôle de la circulation des informations dans les différentes unités de la machine. Cet organe est doté d'un pupitre central qui permet à l'opérateur de suivre le déroulement des calculs et même d'intervenir, en cas de besoin, pour modifier certains éléments du programme;

— des organes de sortie des résultats partiels ou globaux donnés sous forme de cartes perforées, de bandes perforées, de bandes magnétiques ou de documents imprimés. La vitesse d'obtention des résultats varie avec la nature et le nombre des moyens mis en œuvre (l'unité de perforation enregistre les résultats à la vitesse de cent cartes par minute, les vitesses de l'unité d'impression peuvent être de 150, 300, 600 et même 1.000 lignes par minute).

La composition d'un grand ensemble électronique varie avec la nature des applications. S'il s'agit de problèmes scientifiques, comme ce fut surtout le cas pour les premières réalisations, l'unité de calcul est fortement équipée, tandis que les moyens d'entrée et de sortie sont relativement limités. Dans le cas de problèmes de gestion, la situation se trouve inversée.

e) Utilisation des ensembles électroniques.

Par leurs caractéristiques d'emploi, les grands ensembles électroniques constituent d'excellents instruments d'automation administrative, d'autant plus que leur sécurité de fonctionnement est très grande.

Ils ont d'abord été utilisés surtout pour résoudre des problèmes scientifiques comportant de longues suites de calculs aux ramifications les plus complexes.

Depuis quelques années, on les utilise aux Etats-Unis pour l'exécution de travaux de comptabilité et de statistiques particulièrement lourds. C'est ainsi que plusieurs sociétés américaines d'assurances ont pu recourir à des ensembles électroniques pour assurer leurs travaux de quittancement et leur comptabilité dans des conditions beaucoup plus économiques et beaucoup plus rapides qu'avec les équipements de machines à cartes perforées dont elles disposaient auparavant.

Mais ces ensembles présentent encore bien d'autres avantages en permettant notamment de traiter au cours d'un même processus tous les cas particuliers et de mettre en évidence tous les éléments dont une entreprise peut avoir besoin dans ses prévisions et dans la préparation de ses décisions. Un tel ensemble peut alors devenir un véritable instrument de gestion centralisée où viendront converger tous les circuits d'information de base et d'où repartiront, vers les différents échelons du commandement, toutes les informations intéressant la marche de l'entreprise.

Sans doute, les grands ensembles électroniques ne trouveront-ils leur place que dans les sociétés pouvant disposer de moyens puissants, car ces machines sont d'un coût élevé. (Pour un équipement de grande capacité, le prix d'achat dépasse le milliard de francs.) Quoi qu'il en soit, le nombre d'équipements de cette importance en service ou en commande aux Etats-Unis (tels que l'Univac Factronic I et II et les ordinateurs IBM de la classe 700) était de l'ordre de 400 au printemps 1957.

Mais, ces équipements peuvent aussi être utilisés en pool par des groupements d'entreprises pour l'exécution de travaux à façon. Malgré les tarifs élevés qui sont appliqués à ces opérations, il est vraisemblable qu'on aura recours de plus en plus à ces nouveaux moyens, en raison des possibilités qu'ils donneront aux entreprises pour améliorer leur gestion.

En dehors des grands ensembles électroniques, dont on peut dès maintenant prévoir un assez large emploi dans les grosses entreprises, il convient d'attirer l'attention sur l'utilisation des équipements électroniques de moyenne capacité, constitués par des calculateurs électroniques à programme enregistré sur tambour magnétique. Sans atteindre les performances des grands ensembles, ces machines ont des possibilités très supérieures aux équipements classiques et présentent une grande souplesse d'utilisation permettant notamment leur intégration dans des ensembles de machines interconnectées.

Au début de l'année 1957, le nombre des calculateurs de moyenne capacité en service ou en commande aux Etats-Unis s'élevait à près de 3.000 (machines du type File Computer Univac ou 650 IBM). En Europe il a déjà été mis en service plusieurs dizaines de calculateurs 650 IBM et Gamma Bull avec armoire d'extension à tambour magnétique.

Les ensembles électroniques peuvent donc intéresser des entreprises de nature et d'importance variées. En fait, on en trouve aux Etats-Unis dans un grand nombre de secteurs d'activité tels que les assurances, les banques, l'industrie du pétrole, les transports ferroviaires, aériens et maritimes, les grosses industries (sidérurgie, électricité, mécanique, chimie), les grandes entreprises commerciales (magasins à succursales multiples), les services publics, les universités et laboratoires scientifiques, les organismes gouvernementaux tant civils que militaires.

Les travaux effectués à l'aide de ces matériels sont très variés. Parmi les applications les plus courantes, on peut citer la préparation de la paye, le quittancement, la gestion des stocks, le contrôle de la production, les statistiques et prix de revient, le calcul scientifique et les études portant sur la préparation scientifique des décisions.

En France, un groupe de calcul scientifique type 704 a été installé place Vendôme, à Paris, dans le courant de l'année 1957, par la Compagnie I. B. M. rattachée à la firme du même nom, qui a son siège aux Etats-Unis. Vers la fin de cette même année, un ordinateur type 705 I. B. M. a été mis en service dans une compagnie d'assurances de Paris. Il convient de préciser que la filiale française dispose d'importants ateliers de fabrication qui lui permettent non seulement de satisfaire en majeure partie à la demande du marché intérieur, mais encore d'exporter largement. Cette société prévoit la fabrication en France d'un ensemble type 705 tous les trois mois, à partir de 1959. Dans un avenir très prochain, le marché européen comptera plusieurs ensembles de la classe 700 I. B. M., qui seront utilisés dans des entreprises pour l'exécution des travaux de gestion (ordinateurs type 705 et éventuellement type 709).

Egalement d'origine américaine, la Société Remington Rand a fourni au Battelle Institut, à Francfort, un calculateur scientifique du type Univac I. Cette société, qui ne fabrique pas en France ce genre de matériel, peut cependant nous fournir des ensembles électroniques type Univac II qui ont sensiblement les mêmes caractéristiques que les ordinateurs I. B. M.

Parmi les autres sociétés américaines qui pourront peut-être prendre place sur le marché européen, nous citerons la Radio Corporation of America (Bizmac) la Logistic Research (Alwac) et la Société Burroughs (Datatron, Datafile).

Mais notre pays ne reste pas en dehors de la compétition et plusieurs sociétés françaises s'intéressent activement à la fabrication des calculateurs analogiques et arithmétiques:

Nous pouvons citer la Société d'électronique et d'automatisme qui fabrique des calculateurs analogiques (type OME) et des calculateurs arithmétiques (type CAB) dont quelques unités sont déjà en service.

Après avoir fait un gros effort dans la construction des équipements comptables à cartes perforées, la Compagnie des machines Bull s'oriente maintenant vers la fabrication de grands ensembles électroniques qui apparaîtront sur le marché dans deux ans environ. Le calculateur gamma Bull, utilisé depuis plusieurs années dans les ateliers mécanographiques, a été suivi d'un nouveau type disposant d'un tambour magnétique, mais le nouveau type prévu sous le nom de gamma 60 aura des caractéristiques tout à fait différentes qui l'apparenteront aux grands ensembles de gestion existant aux Etats-Unis et

qui présenteront un intérêt particulier, notamment en ce qui concerne l'exécution simultanée des travaux. En dehors de six commandes enregistrées en France, plusieurs unités de ce nouvel ensemble ont déjà été commandées par des pays étrangers.

L'introduction des ensembles électroniques dans les entreprises conduit à reconsidérer entièrement leur organisation administrative, en vue d'assurer une rationalisation et une coordination rigoureuse de tous les circuits d'information pour une meilleure exploitation des éléments de la gestion.

L'automation administrative entraîne l'utilisation généralisée d'un *langage commun* — pour reprendre l'expression souvent employée par les Américains — qui a pour objet de faciliter et de renforcer les liaisons, d'accélérer le cheminement des informations, d'en accroître la sécurité. Le langage commun implique la mise en œuvre de moyens codifiés dans les échanges d'informations. La carte perforée et le ruban perforé constituent des éléments de langage commun pour les machines qui interviennent dans la chaîne des travaux administratifs modernes. On poursuit à l'étranger et en France des recherches qui permettront sans doute dans l'avenir d'accroître encore le développement du langage commun. Ces recherches ont pour objet d'obtenir automatiquement l'enregistrement des informations par des procédés électroniques qui assureront la lecture directe des documents de base et leur traduction en langage machine. On réaliserait ainsi d'une façon entièrement automatique le circuit complet du traitement de l'information.

Parmi les applications les plus spectaculaires des grands ensembles électroniques, nous citerons enfin les machines à traduire qui ont déjà permis d'obtenir des résultats très encourageants dans un domaine où les opérations logiques présentent une particulière complexité.

f) Les calculateurs analogiques.

A côté des grands ensembles électroniques comprenant des calculateurs numériques appelés encore calculateurs digitaux dont nous avons exposé les principes et examiné les principaux domaines d'application, il existe une autre gamme de calculateurs qui trouvent leur utilisation dans un grand nombre de problèmes à caractère scientifique ou industriel. Ce sont les calculateurs analogiques auxquels on peut avoir avantageusement recours pour résoudre certains problèmes dont la solution est rendue particulièrement difficile par suite de la diversité des paramètres qu'ils comportent. Ces calculateurs permettent de réaliser une sorte de maquette du problème à étudier afin d'en faciliter la solution, soit parce que le nouveau système est d'une utilisation plus courante, soit parce qu'il se prête mieux aux mesures qui fourniront les résultats.

Ainsi, les grandeurs du problème à étudier peuvent être représentés par des grandeurs physiques qui leur sont proportionnelles telles que des tensions électriques ou des déplacements angulaires. On réalise des montages correspondant au problème donné et les mesures faites sur le modele permettent de déterminer les valeurs cherchées. La précision des résultats dépend evidemment de la nature des dispositifs utilisés.

Les calculateurs analogiques ont trouvé de nombreuses applications dans le domaine militaire et sont utilisés aussi à l'atelier et dans les bureaux d'études, notamment pour l'évaluation de grandeurs qui varient de façon continue.

g) La recherche opérationnelle et l'automation.

Bien que la recherche opérationnelle déborde largement le cadre de l'emploi des calculatrices électroniques, il nous paraît utile d'en examiner ici quelques aspects en raison des nombreuses applications de cette science nouvelle qui restent étroitement liées au développement des moyens de calcul automatique.

A défaut de définition plus précise, on peut considérer que la recherche opérationnelle se propose d'étudier, sur des bases scientifiques, les conditions d'emploi des produits, des machines, des équipements, des systèmes. Elle tend à appliquer la méthode scientifique à l'élaboration des stratégies économiques d'emploi. Elle est une recherche appliquée aux problèmes de l'activité humaine. Suivant la classification établie par M. Guilbaud, un des plus grands spécialistes français de la recherche opérationnelle, les techniques de cette science peuvent se répartir en trois groupes:

— la théorie des programmes qui a pour objet de trouver une solution rationnelle aux problèmes ayant trait aux situations les plus complexes;

— la théorie des processus aléatoires qui étudie les cas soumis au hasard;

— la théorie des jeux qui examine la possibilité de triompher d'un adversaire dans une situation déterminée.

La recherche opérationnelle permet d'obtenir des éléments quantitatifs pouvant faciliter l'élaboration d'une décision. Elle a été utilisée en Grande Bretagne et aux Etats-Unis pour préparer les solutions de certains problèmes militaires. Elle commence maintenant à jouer un rôle dans les études de gestion de certaines entreprises importantes. L'application des techniques de la recherche opérationnelle conduit dans un grand nombre de cas à l'emploi de calculateurs électroniques pour la résolution de problèmes complexes.

Avec les méthodes de recherche opérationnelle et les ensembles électroniques, les directions des entreprises pourront disposer de moyens puissants et efficaces pour préparer scientifiquement leurs décisions les plus importantes et améliorer ainsi leur gestion.

Il convient toutefois de souligner que la mise en œuvre de ces nouvelles techniques n'apportera pas une solution à tous les problèmes qui se posent dans les entreprises et qu'elles n'auront de réelle efficacité que dans la mesure où elles s'accompagneront de la création d'un nouvel état d'esprit dans le milieu de travail.

3° *Vers l'usine automatique. — Réalité ou fiction.*

Il existe depuis longtemps des installations très automatisées et l'on pourrait citer en France comme à l'étranger des industries à flot continu où les produits sont élaborés en majeure partie sans intervention humaine.

Dans les industries de transformation, et particulièrement dans l'industrie automobile, on a largement automatisé les chaînes de fabrication. On cite volontiers la chaîne des blocs-moteurs de l'usine Ford de Cleveland où des batteries de machines reliées sur une longueur d'environ 500 mètres exécutent plus de 500 opérations de perçage, brochage, alésage, fraisage, taraudage, pratiquement sans intervention d'opérateurs. Parmi les réalisations les plus spectaculaires, il convient de rappeler également l'usine de roulements à billes des environs de Moscou et l'usine de pistons d'Oulianousk où la fabrication est entièrement automatisée depuis la coulée jusqu'au produit fini.

Si certains processus importants de production ont été ainsi entièrement automatisés, il n'y a pourtant pas encore d'usines entièrement automatiques.

Il ne faut pas d'ailleurs confondre avec elles l'usine « presse-bouton » où toutes les opérations sont télécommandées à partir d'un poste central comme cela peut être le cas dans l'industrie nucléaire pour des raisons de sécurité.

L'usine automatique ne serait entièrement réalisée que dans le cas où l'on substituerait à toutes les commandes individuelles des machines, une commande centralisée avec un programme enregistré pour l'ensemble de la production.

Il ne peut s'agir là que d'une vue d'avenir et l'intérêt d'une telle solution n'apparaîtrait que dans la mesure où elle n'entraînerait pas un effort d'investissement disproportionné avec le but à atteindre.

4° *Extension de l'automation à des activités autres que celles du secteur industriel ou administratif.*

Certaines activités, et en particulier l'agriculture, ne semblent pas devoir, en première analyse, être touchées par l'automation. Toutefois, on peut remarquer que l'agriculture est intéressée par les applications qui concernent le traitement des produits. Il en est de même pour la fabrication des engrais et les industries d'équipement. Enfin, des méthodes et techniques de l'automation peuvent être utilisées dans les études prévisionnelles. On a pu noter, en particulier, que les grandes exploitations agricoles des U. S. A. ont recours à la recherche opérationnelle pour leur gestion économique et comptable.

5° *Possibilités croissantes des machines et limites de l'automation.*

S'inspirant des mêmes principes, utilisant des méthodes, des procédés et des moyens communs, l'automation industrielle et l'automation administrative tendent au rapprochement des techniques de la production où le machinisme pénètre toujours davantage en fonction de l'accroissement des possibilités des machines.

Pour avoir une idée d'ensemble de l'évolution qui se poursuit dans la conception des machines, nous nous reporterons à une classification mettant en relief les principales fonctions qui sont prises en charge progressivement par l'automatisme. On a désigné sous le nom général d'effecteur tout système mécanique conçu en vue d'effectuer une certaine action. Dans la hiérarchie des machines, on a distingué deux grandes catégories d'effecteurs: les effecteurs dont les effets sont déterminés et ceux dont les effets sont organisés.

A. — *Effecteurs à effets déterminés:* on range dans cette catégorie:

a) Les effecteurs qui réalisent une action élémentaire, sans pouvoir adapter leur action aux circonstances. C'est le cas des machines les plus simples, d'un marteau-pilon par exemple qui exécute toujours le même acte élémentaire déterminé par les caractéristiques de la machine;

b) Les effecteurs qui peuvent coordonner plusieurs actions élémentaires, sans pouvoir adapter leur action aux circonstances. On en trouve des applications dans la plupart des machines-outils classiques;

c) Les effecteurs qui entrent en action sous certaines conditions initialement prévues. C'est par exemple le thermostat d'une installation de chauffage qui agit en temps opportun pour maintenir la température à un niveau déterminé.

B. — *Effecteurs à effets organisés:* dans cette catégorie, on trouve les effecteurs régis par le principe de la rétroaction qui comprennent:

a) Les effecteurs entrant en action non seulement en temps opportun mais avec une intensité telle que l'action soit stabilisée. Le régulateur à boules est un exemple de ce type d'effecteur dont on retrouve de multiples applications dans de nombreux domaines;

b) Les effecteurs à action maintenue qui sont capables de choisir le moyen à mettre en œuvre pour parvenir à leur fin. L'exemple de ce type d'effecteur perfectionné est donné par l'homéostat d'Ashby, psychiatre anglais qui a conçu cet appareil capable de trouver sa position d'équilibre en la cherchant à la manière des êtres vivants (1).

Cependant, malgré les performances que les machines réalisent déjà dans certains domaines où elles dépassent l'homme et malgré tous les perfectionnements qu'on peut encore attendre du développement de l'automation, il n'en reste pas moins que l'homme conservera toujours la prééminence par sa pensée créatrice, et si les machines peuvent être de remarquables auxiliaires de l'homme, « il leur manque — comme l'a fait remarquer Louis de Broglie — cette propriété essentielle des êtres vivants sans laquelle la pensée est inconcevable: la conscience de leur existence et de leur personnalité ».

V. — Les réalisations de l'automation en France et à l'étranger.

1° *En France.*

Il n'existe pas d'inventaire des réalisations françaises. La documentation déjà très abondante sur l'automation est constituée essentiellement par des monographies traitant de cas particuliers, ou par des études de caractère général ou technique, ou encore par des analyses des incidences économiques ou sociales de l'automation.

Un recensement systématique des entreprises automatisées se heurterait d'ailleurs à certains obstacles: il faudrait en effet définir, au préalable, *les limites précises de l'automation.* La diversité des définitions proposées, les incertitudes du vocabulaire qui ont été rappelées au début de ce rapport suffisent à expliquer l'imprécision actuelle des contours de l'automation. On ne parle pas encore le même langage.

Ce fait ne doit pas trop surprendre dans cette période mouvante des premières réalisations, des essais et des recherches.

(1) L'homéostat comprend essentiellement quatre éléments connectés constitués chacun par un aimant mobile qui est placé à l'intérieur d'une bobine parcourue par un courant variant avec la position de l'aimant. En fait, la position de l'aimant agit sur le courant qui agit lui-même sur la position de l'aimant. Chacun des éléments de l'homéostat est soumis à l'influence des trois autres. Les quatre aimants oscillent jusqu'à ce qu'ils trouvent simultanément la position d'équilibre imposée par le constructeur. Il y a là une véritable recherche de la machine qui essaie les différentes combinaisons permettant de la conduire à l'état d'équilibre.

Dans ces conditions, on comprendra la difficulté de mise au point d'un *questionnaire d'enquête*, dont la qualité de rédaction conditionne cependant tout inventaire sérieux. Il faut éviter les réponses subjectives, qui seraient dues à la méconnaissance des conditions techniques d'une véritable automation, ou s'expliqueraient par un souci publicitaire et même par le désir légitime de mettre en valeur le dynamisme de l'entreprise. Très délicate, la tâche n'est pas impossible et le Centre national de l'automatisation constitué sur le plan de la profession a commencé le travail de documentation et de coordination des efforts des industries productrices et utilisatrices d'équipements automatiques, ce qui devrait faciliter le recensement des réalisations.

Le centre commence à fonctionner, sous l'impulsion des Fédérations françaises des industries mécaniques, électriques et électroniques, et avec le concours de la direction des industries mécaniques et électriques et du commissariat général à la productivité. C'est précisément l'une des premières tâches du centre de dresser un inventaire des ressources françaises en matière d'automatisation. Dès le mois de septembre 1958, une exposition organisée au rond-point de la Défense permettra la présentation des matériels français déjà existants et l'heureuse confrontation des fabricants d'appareils automatiques. Les contacts pris permettront au centre de réunir les premiers éléments de ce travail d'inventaire permanent de l'automatisation qui est l'une de ses missions essentielles.

Le centre essaie de même d'établir une liaison, et, si possible, une coordination, entre les efforts des professions produisant des instruments de mesure et de contrôle, qui sont la base essentielle de l'automatisation. Cette coordination doit permettre progressivement d'éviter les doubles emplois, et de préciser certaines lacunes.

On soulignera ici *l'importance du développement harmonieux de notre production de matériels automatiques*, si nous voulons assurer pour notre pays un progrès technique et une expansion économique à l'échelle du monde actuel et sauvegarder ainsi l'indépendance nationale.

Mais le lancement et la réussite d'un tel inventaire dépendront, au premier chef, de l'impulsion des pouvoirs publics, qui ont seuls les moyens de le promouvoir, dans le cadre des programmes habituels d'opérations économiques et statistiques. En raison de l'intérêt que présenterait une information de base sérieuse, il serait souhaitable d'entreprendre cette tâche dans un proche avenir.

On n'insistera pas davantage ici sur les principales réalisations actuellement connues en France, dont la présentation a déjà été faite au chapitre précédent. On trouvera d'ailleurs en annexe un extrait d'une note communiquée par la Régie nationale des usines Renault à la suite de la visite de ses ateliers à Billancourt par une délégation de la commission des affaires sociales et de la production industrielle du Conseil économique.

2° *Réalisations étrangères.*

A l'étranger, comme en France, aucun inventaire systématique des réalisations n'a pu, semble-t-il, être encore établi ou du moins publié. C'est l'impression très nette que l'on retire de la lecture des rapports des diverses délégations à la conférence internationale sur l'automatisme d'avril 1957, organisée par l'Agence européenne de productivité.

Heureusement, de nombreuses publications et rencontres permettent déjà, à défaut de recensements complets, d'avoir un aperçu intéressant des efforts entrepris dans le monde, en en révélant l'ampleur, à côté de quelques résultats spectaculaires.

a) Nettement en tête, viennent les Etats-Unis et l'U. R. S. S.

1. — *Aux Etats-Unis*, l'automation intéresse déjà de nombreuses activités:

— à côté des *industries* pétro-chimiques et électriques, domaine privilégié de l'automatisme, on sait les progrès très vantés de l'industrie automobile, dus notamment à des investissements gigantesques.

On cite très souvent le montage de blocs-moteurs, avec transfert et mise en place automatique des pièces, obtenu chez Ford en quinze minutes contre neuf heures dans les conditions antérieures.

Une autre performance réalisée a été d'obtenir avec trois machines et neuf hommes un usinage de vilebrequins qui exigeait auparavant vingt-neuf machines et trente-neuf hommes.

Par ailleurs, les changements fréquents de modèles imposés à la fabrication automobile par la vigueur de la concurrence ont conduit la Ford Motor Company à rechercher l'utilisation de machines-outils normalisées.

Chacune est conçue en vue d'une opération spécifique, et peut être combinée rapidement avec d'autres unités similaires, reliées par des convoyeurs et commandées électroniquement. Ce système permet une certaine souplesse dans la disposition des machines-transfert, que l'on peut modifier par le changement des organes constitutifs en fonction des transformations apportées au dessin des produits. La Ford Motor Company rejoint ainsi les réalisations des constructeurs européens, et notamment celles de la Régie nationale des usines Renault, qui utilise, on le sait, des éléments de machines normalisés. Ces unités peuvent être disposées isolément ou par groupes selon les besoins.

Les usines Chrysler utilisent à Détroit une installation de montage automatique comportant, sur environ 400 mètres, 280 postes de travail. Introduction faite des blocs-moteurs et des têtes de cylindre, qui progressent sur tablier roulant, le montage se réalise automatiquement, à la cadence de 1.200 moteurs par jour.

Autres exemples significatifs:

— la « Corming Glass » produisait déjà il y a deux ou trois ans, dans une seule usine, 90 p. 100 des lampes électriques du marché, avec quatorze machines et quatorze opérateurs;

— une installation automatique de l'American Sylvania réalisait, par mois, dès 1956, 25.000 tubes de télévision de grande dimension;

— dans un tout autre domaine on peut citer le cas d'une entreprise où un seul ouvrier tue 12.000 poulets à l'heure, plumés, vidés et emballés par trois machines, etc.

Dans les travaux de *gestion*, les réussites ne sont pas moins spectaculaires. On a déjà souligné plus haut, l'utilisation en plein essor, aux Etats-Unis, des grands ensembles électroniques de gestion. Voici, d'autre part, quelques réalisations automatiques couramment citées:

La General Electric Company, assure, avec une calculatrice électronique Univac, la centralisation des opérations suivantes: établissement de feuilles de paye pour 10 à 12.000 agents; inventaires journaliers; programmes de production avec détermination des matières nécessaires, rédaction des commandes et choix du fournisseur; comptabilité des commandes, puis accusés de réception, factures et programmes d'expédition; enfin, comptabilité générale et de prix de revient.

Autre exemple non moins spectaculaire: la « Bank of America » est en mesure d'utiliser une machine électronique à tenir des livres, dont le prototype doit tenir les écritures correspondant à 32.000 comptes courants. Les appareils utilisés réalisent toutes les opérations nécessaires: lecture du numéro de compte, recherche de l'avoir et imputation du chèque (renvoyé à l'opérateur en cas de découvert); bilan journalier et bilan mensuel des opérations, avec relevé. Au total, la « Bank of America » réaliserait la tenue des comptes de 500 filiales avec un cinquième du personnel précédent, résultat qui pose directement le problème de l'emploi au regard de l'automation, comme on le verra ci-après en examinant les incidences sociales.

Dans son livre sur l'automation, dont la traduction française est parue en novembre 1957, M. Pollock fait état d'une information selon laquelle la commission américaine de l'énergie atomique comptait utiliser un calculateur géant construit par la firme I. B. M. pour lequel le temps des opérations deviendrait, en quelque sorte, un facteur négligeable. En effet, sa puissance serait telle qu'il ne faudrait plus qu'une seconde pour effectuer 2 millions d'additions ou encore 500.000 multiplications de douze à quinze chiffres !

2. — *En U. R. S. S.* l'automation progresse également d'une façon très rapide:

— Son développement est expressément prévu dans le sixième plan quinquennal (1956-1960), notamment pour la métallurgie, l'extraction du charbon, le pétrole, la production électrique, la construction des machines, l'industrie chimique. L'institut soviétique d'étude de l'automation et de la télémécanique installe des usines pilotes automatisées;

— Les réalisations sont nombreuses. Parmi les plus citées, on note l'installation de chaînes automatiques dans des usines de construction de tracteurs, d'automobiles (Zis), de roulements à bille (Moscou). Une usine de fabrication de pistons, presque entièrement automatique, assurerait, avec des équipes de dix hommes, une production de 3.500 pistons par jour. On sait aussi que des usines de béton ont été automatisées pour la construction du canal Volga-Don.

Les centrales hydroélectriques de l'U. R. S. S. sont entièrement automatisées et télécommandées à 65 p. 100 de leur puissance. Dans les centrales thermiques, la régulation de la chauffe est automatisée à 77 p. 100 de la production globale de vapeur et celle de l'alimentation en combustible à 96 p. 100.

On cite à cet égard, l'exemple de la centrale du Dniepr qui employait 290 personnes avant 1941 et occupe seulement des équipes de 6 personnes aujourd'hui.

Les efforts restent limités dans l'industrie houillère (poussage, ventilation, lignes de commande à distance).

Mais la production des appareillages et moyens d'automatisation est fortement poussée (potentiomètre électronique, appareils de régulation et de mesure, équipement de signalisation à isotopes radioactifs, etc.).

L'évolution paraît sensiblement plus lente dans les industries textiles et surtout dans les chemins de fer.

Des calculatrices électroniques sont bien entendu construites en U. R. S. S. La BESM serait capable d'effectuer 8.000 opérations arithmétiques par seconde, chiffre qui doit être porté à 20.000 sur un nouveau modèle.

3. — *En Europe*, l'automatisme se développe aussi assez rapidement. A défaut d'inventaire, on se limitera à noter ici quelques-unes des réalisations les plus connues:

D'une façon générale, la propension à l'automation y est modérée par le caractère beaucoup moins favorable qu'aux Etats-Unis, par exemple, du rapport niveau des salaires sur coût des investissements. L'introduction de l'appareillage automatique est en effet d'autant plus rentable que le niveau des salaires est élevé. Aux Etats-Unis, l'automatisation reviendrait alors à ce qu'un ouvrier bien rémunéré pourrait construire une machine dont l'utilisation serait d'un coût moins élevé que son propre emploi à la production directe.

Cette situation relative moins favorable de l'Europe, est encore accentuée, en France, par les défauts bien connus d'une structure économique déficiente. « L'automation », écrit M. Pollock dans son ouvrage (1) « pourrait remédier à la faible productivité de l'industrie française; mais c'est justement cette productivité faible qui lui fait obstacle... ». Toutefois, il est possible de sortir de ce cercle vicieux, puisque « l'exemple de l'Allemagne de l'Ouest, qui en dépit d'un réservoir de chômeurs encore important, et de salaires inférieurs à ceux des ouvriers français, s'est automatisée plus rapidement que la France, prouve que ce cercle vicieux n'a qu'une vérité relative ».

Il existe, de toute façon, un risque de retard accru des pays européens sur les géants du moment: Etats-Unis et aussi U. R. S. S. où des plans de développement systématique interviennent.

La Grande-Bretagne, en raison des recherches poursuivies au cours des hostilité, est naturellement en bonne position. Ainsi, l'usine de Fawley assurait avec six hommes devant chaque poste, le fonctionnement d'unités de distillation traitant près du tiers de la consommation intérieure britannique quotidienne de produits pétroliers (il s'agit, bien entendu, du travail affecté directement à la production à l'exclusion des fonctions indirectes d'entretien par exemple).

On a beaucoup parlé du calculateur électronique Lyons Electronic Office, établi depuis plusieurs années chez Lyons, la grande marque de thé, pour l'exécution des travaux de paye et des opérations relatives à la production, aux commandes, aux expéditions, etc.

Autre exemple maintes fois cité: le Telesetter, connexion entre un téléimprimeur et une linotype, qui commande, à partir de la chambre des communes, par bandes perforées, les linotypes du *Times*.

Pour l'industrie automobile, le livre de M. Pollock apporte une comparaison significative de l'évolution parallèle de la production et de la main-d'œuvre employée, avec l'accélération, ces dernières années, de l'automatisation des entreprises. Sur la base 100 en 1948, l'indice de la production serait passé, dès 1954, à 148, l'indice de la main-d'œuvre restant à 112 seulement.

(1) L'Automation, ses conséquences économiques et sociales.

Mais la grève de la Stantard Motor Company d'avril 1956 a attiré l'attention de l'opinion britannique et européenne sur les dangers d'une introduction précipitée et socialement mal préparée de l'automation, spécialement dans les conditions actuelles de la production en Europe. Dans cette firme anglaise, l'achat de 182 machines automatiques se traduisait, en effet, par l'éviction brutale du quart du personnel ouvrier. On verra, par l'examen ci-après des incidences sociales de l'automation, combien l'introduction ordonnée et juste de celle-ci appelle la coopération étroite des chefs d'entreprise, des syndicats ouvriers, et des pouvoirs publics, si l'on veut en faire un progrès non seulement technique, mais encore et surtout humain, les deux, en fait solidaires.

L'Allemagne fédérale a présenté, à la conférence internationale sur l'automatisme d'avril 1957, une analyse très substantielle des réalisations de l'automation, dans ce pays. L'effort allemand y paraît considérable, et s'applique à un champ d'activités très étendu, depuis les réalisations déjà habituelles de l'industrie pétro-chimique jusqu'aux emplois les plus divers des calculateurs électroniques, en passant par l'installation d'écluses automatiques et l'utilisation de commandes à programme pour le fonctionnement automatique des ascenseurs aux heures de pointe.

Le livre de M. Pollock sur l'automation met en valeur de nombreuses réalisations en Allemagne de l'Ouest, pays qui, selon lui, serait en nette avance dans ce domaine.

A côté des machines-transfert des usines Daimler-Bentz l'automation interviendrait aussi dans de nombreuses opérations de montage de l'industrie légère, la fabrication des appareils de radio et de télévision, sur un mode analogue à celui des Etats-Unis, et dans beaucoup d'industries de transformation.

La production automatique jouerait un rôle important dans la marche des laminoirs.

Une fonderie automatique assurerait de façon continue la fusion, la coulée, la préparation des noyaux, celle du sable, etc.

Enfin, l'industrie chimique et le raffinage seraient toujours, selon M. Pollock, à l'avant-garde de l'automation.

On ne reviendra pas sur la situation en France, déjà examinée plus haut, mais on soulignera que la France, la Grande-Bretagne ou l'Allemagne n'ont pas le monopole des réalisations en Europe. En fait, *presque tous les pays européens* s'intéressent à l'automation, et des résultats remarquables pourraient ausi bien être présentés par l'Italie, la Suisse, la Hollande et la Belgique comme en témoignent des rapports à la conférence internationale sur l'automatisme, ou encore pour la Pologne ou la Tchécoslovaquie. Dans ces deux derniers pays, la planification prévoit même une large extension des efforts déjà entrepris.

4. — *Dans les pays de moindre développement économique*, on notera qu'existent aussi à un moindre degré naturellement, des usines faisant appel à l'automation. De telles réalisations ont paru avoir, dans des cas particuliers, un intérêt de démarrage économique plus rapide. On cite, au Brésil, une aciérie presque entièrement intégrée, et, aux Indes, le fonctionnement automatisé d'une usine d'engrais. Mais il est évident que le recours à l'automation pose alors des problèmes très délicats, au regard, notamment, de l'emploi de la main-d'œuvre.

En effet, l'automation, en faisant passer l'économie et la société d'un pays, du stade artisanal au stade industriel et scientifique, rendra nécessaires d'importants ajustements. Elle risque même d'accroître les difficultés des pays sous-développés, et de renforcer les pressions qui menacent leur édifice social. Cependant, en dépit de ses dangers, on peut prévoir qu'elle y sera un facteur d'accélération du progrès économique. En tout état de cause, elle ne pourra pas y être rejetée en bloc; ce rejet aurait pour conséquence d'agrandir encore l'écart qui sépare les pays les plus évolués des pays les moins développés, et que l'on a tant de peine à réduire.

VI. — L'automation et ses incidences sur le plan économique.

La considération des possibilités techniques de l'automation, et l'examen de ses premiers développements à l'échelle mondiale, conduisent à ne pas sous-estimer les transformations qu'elle peut apporter dans la vie économique. En fait, on en a pressenti l'importance avant même qu'aient pu être précisées la nature et l'ampleur du phénomène.

L'automation entraîne un accroissement de la production et une amélioration de la productivité, en même temps qu'une transformation des entreprises, des processus de fabrication, des machines et des produits. Interviennent aussi la rationalisation des méthodes, la standardisation et la normalisation de la productivité, ainsi que la codification des informations. De nouvelles méthodes de gestion apparaissent, marquées par la préparation scientifique des décisions et la recherche opérationnelle. Enfin, le coût et l'orientation des investissements posent un problème renouvelé, tandis que se font impératifs de nouveaux besoins en ingénieurs, techniciens et spécialistes.

En regroupant ces incidences diverses, on notera qu'elles affectent, en gros:

— la production et la productivité;

— l'entreprise;

— la main-d'œuvre;

— le marché et la consommation.

1° *Automation, production et productivité.*

a) Il est inutile d'insister sur l'*accentuation de la grande série* et de la *standardisation* introduite par l'automation. Pour être économique, celle-ci suppose, à l'évidence, une production massive et stable dans la plupart de ses applications, comme l'a déjà montré l'examen de ses données techniques et des réalisations déjà obtenues. Cela va jusqu'à la nécessité d'une certaine adaptation des produits à l'automation et non pas seulement de l'automation aux produits. Autrement dit, celle-ci favorise naturellement la réduction de la variété des modèles et la normalisation des produits, ou encore la fabrication d'appareils différents à partir d'un petit nombre de pièces normalisées.

b) Plus significative est l'*aggravation de la rigidité* de l'appareil de production introduit par son automatisation:

1. — Les machines fonctionnent le plus souvent en continu, et la panne devient de plus en plus onéreuse, tout arrêt de fabrication pouvant avoir des répercussions, financières très lourdes par suite du coût élevé et des risques de vieillissement des nouveaux équipements. L'entretien est une sujétion permanente, tandis que sont rendues plus difficiles les conditions de son intervention.

2. — Les marges de tolérance sur la *qualité des matières premières* sont notablement réduites, par l'obligation d'un fonctionnement sans accroc des installations automatiques;

c) Mais il ne fait aucun doute que la *productivité* y gagne, sous réserve, bien entendu, d'études préliminaires approfondies, assorties d'un bilan, pour apprécier les conditions d'introduction de l'automation dans chaque cas particulier.

1.— On admet généralement que les *frais fixes* ou généraux des productions automatisées seront *accrus*, par suite, notamment, du coût de production élevé des installations, de la durée des études préalables à leur emploi, de la mise au rebut d'anciens appareillages, et de la réduction de la durée fixée pour les amortissements afin de suivre la rapide évolution du progrès technique. D'une automatisation plus avancée que les autres productions, l'industrie chimique américaine, par exemple, utiliserait un capital immobilisé par tête sensiblement plus élevé.

On soulignera ici, d'une façon générale, les problèmes de *crédit* et de *fiscalité* posés par le développement de l'automatisation.

Les règles actuelles d'amortissement admises par les administrations fiscales ne peuvent convenir à la durée très réduite d'utilisation des appareillages automatiques souvent limitée à deux ou trois ans.

Les modes de distribution du crédit devront de même être réexaminés en fonction des besoins propres des entreprises recourant à l'automatisation, et tout spécialement *des petites et moyennes entreprises*, dont on examinera ci-après les conditions d'adaptation aux nouvelles techniques.

D'ores et déjà, on admettra que l'adaptation de notre régime fiscal et de notre système de crédit aux problèmes nouveaux posés par le recours progressif à des machines automatiques doit être l'une des conclusions essentielles de l'avis formulé par le Conseil économique.

2. — Mais malgré les investissements importants demandés, l'automation apporte *une réduction sensible du coût de production* par l'extension de la grande série et de la normalisation

des produits, la limitation des stocks, la forte diminution des rebuts, et le progrès notable de la qualité, facilité par la mise en œuvre des moyens de contrôle analysés plus haut.

Les gains de productivité pourraient être surtout obtenus, selon le professeur Léauté, président du centre national de l'automatisation, par la *réduction des temps morts*, employés à l'alimentation ou au réglage de la machine, et au contrôle des pièces, temps qui sont parfois très élevés, en France, par rapport aux temps effectifs de travail de la machine. L'effort devrait être ici très fructueux, surtout à l'origine du Marché commun, compte tenu de l'âge moyen élevé de notre outillage; ainsi le contrôle de la pièce devrait être fait, de plus en plus, par un instrument de mesure faisant partie intégrante de la machine, sans retarder son travail.

Cet effort de réduction des temps morts est d'autant plus important qu'il s'agit souvent de petites séries, qui obligent à des changements fréquents de fabrication, et par conséquent à de nouvelles alimentations, à de nouveaux réglages de la machine.

C'est un problème auquel la France doit être spécialement attentive, d'autant que sa solution suppose une ingéniosité un peu individuelle qui correspond assez bien au tempérament national.

Sur le plan administratif, un résultat aussi intéressant pourra être obtenu, toujours sous réserve d'un bilan préalable sérieux, par la rationalisation et l'économie apportées dans les méthodes de gestion des entreprises ou administrations intéressées.

A défaut de publication de bilans complets et détaillés sur les conditions financières de certaines réalisations de l'automation, on conviendra sans difficulté que la seule explication valable de leur développement réside, précisément, dans le caractère favorable, au regard de la productivité, des résultats prévus ou constatés.

2° *Automation et entreprise.*

a) La *dimension* des entreprises est-elle affectée par l'automation ?

1. — *La grande entreprise* se trouve incontestablement favorisée, par la liaison de l'automation à la production massive et aux investissements onéreux. Ses moyens d'autofinancement sont parfois considérables, et elle est bien placée pour s'adresser aux banques ou recourir au marché financier. Il ne faut donc pas se dissimuler que l'automation peut conduire à une *concentration* industrielle et financière accrue, en raison de l'importance des capitaux et des techniques mises en œuvre.

2. — Mais on admet généralement que la *petite et moyenne entreprise* peut, à son tour, bénéficier de l'automation, dès qu'elle accepte une évolution rendue nécessaire par le progrès technique, et dont les conditions peuvent être déjà précisées.

On souligne, en premier lieu, que certains investissements ne dépassent pas les possibilités de ce type d'entreprise, notamment chaque fois que l'on peut substituer aux machines-transfert très coûteuses, des assemblages d'unités-standard susceptibles de fabriquer plusieurs types de pièces. L'acquisition de petites calculatrices électroniques et de certains dispositifs de contrôle, n'implique pas de dépenses excessives, et les services de calculatrices trop onéreuses peuvent souvent être loués, ou encore être utilisés en commun par plusieurs entreprises copropriétaires. Enfin, les calculatrices électroniques peuvent contrôler parfois la production de plusieurs variétés de pièces par les machines-outils contrôlées, ce qui élimine les exigences de la très grande série. Mais lorsque celle-ci s'impose, et c'est le plus souvent, la petite et moyenne entreprise a les moyens de se *spécialiser* dans la fabrication d'un nombre très limité de pièces, en qualité de sous-traitante de plusieurs entreprises importantes, et de s'automatiser alors dans des conditions qui ne seraient pas rentables pour celle-ci, si chacune entendait produire elle-même le type de pièce considéré. Il est de même signalé que l'on pourra envisager la production par des entreprises de faibles dimensions, éléments standards fabriqués, du fait de leur spécialisation, en grandes quantités et conçus pour être assemblés de diverses façons pour donner naissance à des produits différents.

Au cours de son audition par la commission des affaires sociales du Conseil économique, M. le professeur Leaute, président du centre national de l'automatisation, a insisté très fortement sur le problème fondamental posé, spécialement en France, par *l'automatisation des petites séries.*

Il s'agit de séries de production limitées dans le temps, ou de fabrications diverses que l'on est obligé de mener de pair dans une même usine.

Les industries mécaniques sont ici très dispersées, très disséminées, et dans la perspective du marché commun, il faut pallier cette infériorité de notre position, d'autant que même dans de grandes entreprises, il peut y avoir, à certains moments, des petites séries de production.

Le problème technique ainsi posé est difficile, mais soluble, a souligné le président du centre national de l'automatisation; on peut, dans un même établissement, automatiser certaines machines, de telle façon qu'à certaines heures, elles fabriquent une chose, à d'autres heures une autre.

Au congrès de la mécanique de haute précision, tenu à Paris en novembre 1957, M. Houdin avait souligné, à cet égard, les possibilités de l'automatisation pour des productions de petites séries, telles celles des turbo-réacteurs de la S. N. E. C. M. A.

Il faut enfin considérer la possibilité réelle de mise au point d'un matériel automatique moins coûteux qu'actuellement, par l'effet d'une recherche technique intense en ce domaine, tandis que la location ou location-vente des machines automatiques, très répandues aux Etats-Unis, pourraient faciliter largement en Europe l'équipement des petites et moyennes entreprises.

Pour illustrer ces réflexions, un *exemple* est très couramment cité: *celui de l'industrie automobile.*

Si la production finale est fortement concentrée et donne lieu à une automatisation dont le développment est particulièrement spectaculaire, il faut de même constater que les grandes marques s'appuient sur un réseau important d'entreprises de faibles ou moyennes dimensions, qui assurent la production de pièces détachées et d'accessoires dans des conditions intéressantes, qui peuvent être encore améliorés par un certain recours à l'automation. Le développement rapide de l'industrie automobile, facilité par le progrès technique, a provoqué, d'autre part, l'extension d'un secteur considérable d'activités annexes assurées le plus souvent par de petites ou moyennes entreprises, et portant sur des travaux de réparation et d'entretien.

On notera enfin, sur un plan général, l'opinion exprimée par la délégation britannique dans son rapport à la conférence internationale sur l'automatisme d'avril 1957: « Pour apprécier l'intérêt économique possible de l'automation, l'ampleur du marché est un meilleur guide que l'importance de la société ».

Mais une telle considération ne doit pas conduire à sous-estimer les risques de concentration ou de monopole qui pourraient être accrus par l'automation, si son développement se réalisait sans contrôle.

Dans son livre précité, M. Pollock souligne, à cet égard, que l'inégalité entre grandes et petites ou moyennes entreprises peut résulter moins du problème technique de l'emploi des appareils automatiques que des problèmes commerciaux de vente. Les moyens de connaissance du marché, d'organisation commerciale, et de développement publicitaire sont naturellement plus développés pour la grosse entreprise. On a pu voir aux Etats-Unis, en 1955, une entreprise automobile de dimension modeste, relativement au marché américain, ne parvenir à travailler en cette année de vente record qu'à 40 p. 100 de sa capacité de production malgré le recours à l'automation.

On en revient ainsi à l'observation précédente: la grande entreprise acquiert un avantage décisif dans la production de marchandises destinées à une vente massive. Mais l'entreprise de moindre dimension peut intervenir avantageusement lorsqu'il s'agit du marché local à satisfaire, ou pour un produit à frais de transport élevés, ou encore chaque fois que sa plus grande souplesse l'emporte sur la rigidité de production de la grosse firme. Il en est de même, comme on l'a noté plus haut, pour les travaux de réparation et d'entretien et pour la production en grande série de pièces détachées, à condition, dans ce dernier cas, que cette forme de coopération ne mette pas la petite entreprise en trop forte dépendance de la grande.

En l'état actuel des choses, on ne peut définir plus avant la position de la petite et moyenne entreprise au regard de l'automation. Le problème reste ouvert. Par ses incidences économiques et sociales considérables, il pose, sans aucun doute, l'une des questions les plus délicates pour les prochaines années;

b) Qu'en est-il de la *décentralisation* géographique des entreprises ?

1. — Le rapport du directeur général du B. I. T. à la Conférence internationale du travail de mars 1957 a fait ressortir

que les progrès parallèles de l'automation et de l'énergie atomique conduisaient à la possibilité, voire même à la probabilité, d'une décentralisaiton industrielle plus poussée. Il serait sûrement *plus économique*, note ce document, de monter des installations automatiques et des génératrices atomiques dans de nouvelles usines conçues spécialement à cet effet, la proximité des sources d'énergie traditionnelles ou l'abondance de la main-d'œuvre n'ayant plus la même importance.

2. — Le progrès considérable de la *transmission des informations* dû à l'automation, faciliterait de même très sensiblement les transferts d'activités. La recherche et la centralisation des informations devenant beaucoup plus rapides sur le plan administratif, la décentralisation géographique n'en serait que plus aisée. Comme l'a écrit M. Salleron: « Il n'est plus nécessaire de rassembler tous les hommes dans les mêmes lieux pour les diriger ». Une enquête américaine auprès des chefs d'entreprise aurait confirmé ce point de vue, la grande majorité d'entre eux ayant répondu que l'automation ne pourrait en rien renverser le courant actuel de décentralisation.

On cite ainsi l'exemple d'une entreprise américaine employant 26.000 ouvriers et employés répartis dans des ateliers euxmêmes dispersés entre 53 localités. Un calculateur permet de rassembler, de classer et d'exploiter l'ensemble des informations nécessaires à la direction générale. Un réseau privé de communications tient celle-ci en rapport avec les responsables à chaque échelon de l'entreprise.

En France, les efforts entrepris pour un meilleur aménagement du territoire devraient donc s'appuyer sur le progrès des moyens d'information apporté par l'électronique, bien loin d'être contrariés par eux;

c) *La gestion* des entreprises est, bien entendu, fortement affectée par l'automation :

1. — L'intervention massive de l'électronique dans un domaine de travail jusqu'ici assez peu mécanisé, apporte tout d'abord aux dirigeants de l'entreprise de nouvelles et importantes possibilités *d'information*.

Il y a économie considérable de temps: grâce aux ensembles électroniques, les calculs les plus compliqués peuvent être résolus aisément à une vitesse très élevée (l'unité de temps est souvent la dizaine de microseconde).

Il y a accroissement considérable de la capacité: les informations se trouvent disponibles dans les mémoires des machines, en volume presque illimité.

L'utilisation des calculateurs électroniques permet la solution très rapide des problèmes habituels de paye, de stocks, de comptabilité. Les méthodes de gestion traditionnelles sont complètement renouvelées par cette connaissance presque immédiate des résultats de recherches autrefois plus ou moins longues ou difficiles.

2. — La gestion des entreprises pourra d'autre part s'appuyer sur des moyens de *prévision* scientifiques, fondés sur des éléments quantitatifs.

Par l'automation administrative, des statistiques peuvent être établies sur tous les faits essentiels de la vie de l'entreprise, des études de marchés élaborées en un temps record, avec délivrance de plans et programmes. On en arrive à la *recherche opérationnelle*, ou recherche des conditions optima de gestion dont il a été question plus haut. C'est une méthode de prévision et d'étude comparée des différentes solutions possibles d'un problème, portant sur des systèmes complexes comprenant à la fois des hommes et des machines, systèmes qui ne peuvent pas être résolus par le simple bon sens. La recherche opérationnelle permettra, par exemple, de déterminer le plan de fabrication le mieux adapté à la capacité de production de l'entreprise, ou le plan budgétaire le plus valable, ou de trouver le coût minimum de distribution d'un ou de plusieurs produits, lorsque plusieurs solutions paraissent, à première vue, réalisables, etc. A vrai dire, cette méthode peut s'appliquer à la plupart des problèmes de l'entreprise: implantation des usines, gestion des stocks, circuits de communications, ventes commerciales, choix des points de vente, etc.

Voici un exemple concret encore cité par M. Pollock: « Une firme a 260.000 articles en stock, disposés à travers le pays en quatre différents entrepôts d'importance variable. Ce stock doit être expédié en 51 endroits différents, le volume de chaque expédition étant chaque fois différent. On donne à la machine des indications concernant les stocks de chaque entrepôt, la demande aux divers lieux de destination, les frais de transport pour chacun des 204 trajets possibles. Un calculateur peut indiquer en moins de 10 secondes, où et en quelle quantité les différents stocks devaient être expédiés, en réduisant au minimum les frais de transport. »

On admettra aisément que s'engage ainsi une évolution vers une gestion de l'entreprise à base vraiment scientifique, d'autant que les ensembles électroniques de gestion vont permettre le contrôle quasi-instantané des écarts constatés entre réalisation et prévision, par la tenue d'une véritable comptabilité opérationnelle. Les décisions de redressement deviendront, de ce fait, très rapides.

3. — Sur le plan *organisation*, une double modification devrait être observée:

L'organisation devient plus « intégrée », un seul service centralisant la totalité des informations élémentaires, et les exploitant pour obtenir tous les résultats numériques nécessaires. Les états obtenus peuvent être ensuite transmis au service compétent pour être exploités et servir de guide à la gestion.

L'intervention d'un calculateur permet par exemple de fusionner la fonction comptabilité et la fonction achat, jusqu'ici distinctes; il reçoit toutes les informations relatives au mouvement des matières, calcule les stocks de chaque article, émet la commande d'achats, et peut même choisir le fournisseur à partir de certains critères d'appréciation.

Mais à cette centralisation des informations, des études, des prévisions, correspond une décentralisation indispensable de la gestion courante. Un certain nombre de responsabilités devront donc être transférées de la direction aux techniciens. Les exigences d'un fonctionnement continu de l'installation et la réduction au temps minimum d'arrêts coûteux doivent conduire à la liaison directe des personnels intéressés, techniciens de fabrication ou d'entretien, pour la bonne utilisation du matériel. Le principe « hiérarchique » entrave évidemment ce mode de communication et devra être remis en cause, sans que l'on puisse, bien entendu, déterminer *a priori* dans quelle mesure et au profit de quel autre type de structure.

4. — L'exigence d'un *travail en équipe* plus poussé est certaine. Elle ressort, à l'évidence, des conditions nouvelles de la gestion des entreprises automatisées, lesquelles impliquent le recours à des techniques nouvelles et une mise en œuvre commune de différentes disciplines suivant les conceptions de la cybernétique: statistique, calcul des probabilités, théorie des jeux, économie, psychologie, sociologie, etc. Il ne fait aucun doute que le groupe de travail de base devra d'autre part associer étroitement, dans les entreprises, opérateurs, techniciens de maîtrise et agents d'entretien pour être à même d'assurer le fonctionnement continu des installations.

5. — La fonction de *chef d'entreprise* sera marquée profondément par cette exigence d'un travail en équipe plus poussé.

Tous les observateurs admettent, notamment, que l'importance fondamentale des décisions d'investissement en matériel automatique et l'accroissement considérable des risques d'une erreur de décision expliqueront le recours à une gestion de caractère beaucoup moins intuitif, appuyée sur une connaissance accrue des faits et la recherche opérationnelle. Il faut planifier la production, mais aussi prévoir la vente et les prix. Il ne fait aucun doute, comme l'écrit un auteur américain, « que l'entrepreneur téméraire et inventif, qui fait confiance à son intuition élargie par son expérience, est la victime de la nouvelle technique ». Ces décisions ne pourront être prises qu'après travail en équipe de groupes ou comités compétents, appuyés sur des rapports précis et, au besoin, sur les résultats apportés par les nouveaux moyens électroniques. Paradoxalement, au moins en apparence, cette technique de la fonction de direction devra s'accompagner d'un développement considérable des *qualités humaines* du chef d'entreprise. Le bon fonctionnement d'un appareillage automatique, on l'a déjà noté, exige un climat social favorable dans l'entreprise, et la coopération étroite avec les organisations syndicales. Ces relations humaines prennent dès lors une importance considérable, et leur qualité relève directement de la personnalité et des efforts du chef d'entreprise.

3° *Automation et besoins en main-d'œuvre.*

Seront retenus ici les aspects économiques des problèmes de main-d'œuvre, posés par l'automation, les incidences sociales, notamment au regard de l'emploi, étant examinées plus loin.

1. — Un bilan valable des *besoins* supposerait une connaissance étendue de l'évolution prochaine des tâches, ce qui est loin d'être le cas

Mais on peut, d'ores et déjà, mettre en valeur la tendance moyenne de cette évolution, qui paraît marquée par une réduction sensible de l'effort physique dans le travail au profit des *connaissances professionnelles* et de la *responsabilité*. La part des travaux de préparation et d'entretien, souvent associée à des tâches de contrôle, progresserait sensiblement, tandis que des travaux à forme répétitive ou parcellaire pourraient être réalisés de plus en plus par des machines à commande-programme et à régulateur automatique. Les opérateurs deviendraient de plus en plus surveillants de machines ou conducteurs de processus de fabrication.

On ne dispose pas d'études statistiques systématiques quant à l'influence de l'automation sur la qualification de la main-d'œuvre. Toutefois, une enquête américaine, dont fait état M. Pollock, aurait été conduite, en 1955, auprès de plus d'un millier et demi d'entreprises métallurgiques. Les résultats indiquent nettement une promotion de la main-d'œuvre par qualification plus élevée du personnel d'entretien et de surveillance et accroissement du nombre des ingénieurs.

2. — On ne sera pas étonné qu'un besoin de *techniciens* de toute nature, ouvriers, agents techniques, dessinateurs, ingénieurs, apparaisse comme l'une des données fondamentales du problème de l'automation.

Au niveau de la production, l'automation implique l'appel à des ouvriers dont les capacités devront être développées; surveillants et contrôleurs, régleurs, dépanneurs et personnel d'entretien. On aura besoin de spécialistes de machines comportant des dispositifs électroniques, hydrauliques, pneumatiques, pour la commande, le contrôle, la régulation. Le personnel d'exploitation n'aura plus tellement à conduire directement les machines, mais à interpréter les signalisations de contrôle, à observer les écarts du fonctionnement normal, et à effectuer les interventions nécessaires.

La maîtrise devra, de ce fait, avoir des connaissances et des capacités élevées, tandis que techniciens et ingénieurs devront être préparés à tirer tout le profit de l'automation par une exploitation rationnelle et un bon entretien des systèmes automatisés. *L'importance du personnel d'encadrement* s'accroît avec l'automation. On souligne ainsi que l'industrie chimique, plus automatisée, emploie déjà en France plus de 15 p. 100 d'agents techniques et d'ingénieurs, contre 3 1/2 p. 100 pour les Charbonnages de France.

La fonction *d'étude*, très importante, exigera bien entendu une préparation particulière, notamment pour l'application de l'automation aux problèmes administratifs, les techniques nouvelles conduisant souvent à repenser entièrement l'organisation intérieure.

Mais le développement même de l'automation appelle la formation accélérée de nouveaux spécialistes, hautement qualifiés pour la *conception* et la *construction* des servo-mécanismes, des machines automatisées et des calculateurs analogiques et numériques.

3. — Ces perspectives mettent en jeu tout le problème de la *formation* et de la *préparation* de la main d'œuvre, actuelle et à venir, aux techniques nouvelles: développement de l'enseignement technique, liaison étroite entre l'industrie et l'université, formation et perfectionnement professionnels, etc.

Le Conseil économique a déjà souligné l'urgence des renouvellements nécessaires, dans ses avis du 30 mai 1956 sur les aspects économiques et sociaux de la réforme de l'enseignement, du 13 février 1957 sur l'emploi des jeunes dans les prochaines années, et du 13 *mars* 1957 sur l'orientation et la formation des ingénieurs et cadres supérieurs des entreprises privées, des entreprises nationalisées et du secteur public. On rappellera seulement ici la nécessité accrue en regard du développement de l'automation, d'une formation polyvalente de la main d'œuvre, lui permettant ensuite de s'adapter plus aisément aux transformations accélérées de l'emploi.

Dans un rapport récent à la session de 1957, de l'organisation régionale européenne de la C. I. S. L., notre collègue M. Noddings, a longuement examiné les questions ainsi posées par la formation et la préparation impliquées par les nouvelles techniques. Comme le constate le rapport de la délégation française à la conférence internationale sur l'automatisme d'avril 1957, la pénurie des travailleurs qualifiés, ouvriers, techniciens et ingénieurs, existe déjà à tout échelon, tandis que manque souvent le personnel enseignant.

S'il n'est pas possible, dans le cadre de ce rapport, de reprendre ce problème fondamental de la formation et de la préparation de la main-d'œuvre, du moins doit-il être l'occasion pour le Conseil économique de renouveler ses appels antérieurs aux pouvoirs publics, directement responsables de la qualité et de l'urgence des solutions.

***

4° *Automation, marche et consommation.*

L'élargissement des débouchés est l'une des incidences économiques inéluctables en même temps que l'une des conditions d'un développement convenable de l'automation.

1. — *Le progrès de la consommation* est le corollaire de la production massive de produits plus ou moins normalisés, impliquée par l'automation.

Si l'on veut éviter des crises d'adaptation particulièrement douloureuses et injustes, il y aura donc lieu de veiller à un *progrès du pouvoir d'achat*, notamment dans les milieux les plus défavorisés, parallèle à celui de la production et de la productivité. On verra ci-après les questions posées, à cet égard, par l'évolution des rémunérations salariales.

2. — Non moins nécessaire est l'*extension géographique des marchés*, indispensable à une spécialisation accrue et à la rationalisation des méthodes. Les achats de matières premières peuvent s'y effectuer à meilleur coût, les moyens de recherche y être groupés, et le rétablissement d'une certaine concurrence peut aider à la compression des coûts. C'est devenu un lieu commun de dire qu'un large marché de consommation favorise efficacement l'extension des revenus nationaux et, par là même, l'élargissement des débouchés impliqués par l'automation qui peut aussi contribuer efficacement, dans une certaine mesure, au développement de la consommation dans les pays sous-développés.

***

L'automation sera-t-elle, par ses incidences économiques, ce « levier puissant d'expansion »... qu'évoquaient les termes optimistes d'un rapport présenté aux journées de mai 1956, organisées à Londres par l'agence européenne de productivité ?

Tout le monde, ou presque, est disposé à le croire, à condition que soit considéré attentivement le problème humain posé par le développement de l'automation, sous la forme de ses incidences sociales.

***

VII. — L'automation et ses incidences sur le plan social.

Les incidences sociales de l'automation sont multiples. Les transformations économiques qu'elle implique ont déjà fait entrevoir ses conséquences sur l'évolution des effectifs employés, la reconversion de certaines tâches et les orientations nouvelles de la formation des jeunes et de la préparation au travail. Mais les modalités de la rémunération du travail sont directement affectées, tandis que l'ensemble des conditions de travail peuvent se trouver remises en cause: nouvelle organisation des tâches et évolution du groupe de travail; situation psychologique particulière du travailleur de l'usine automatisée; modification de la durée du travail, etc.

Enfin, on ne saurait trop souligner la gravité des problèmes de *transition* soulevés par le développement progressif de l'automation. Devant celui-ci, on ne peut être, *à priori*, ni optimiste, ni pessimiste. On ne peut que prendre une conscience aussi exacte que possible des conséquences prévisibles de l'automation et se préparer à les maîtriser, au lieu de les subir, pour les infléchir dans le sens d'une expansion économique et d'un progrès social décisifs.

Pour une présentation plus claire, l'ensemble de ces conséquences peut être ainsi regroupé:

— L'automation et les problèmes de l'emploi;
— L'évolution de la rémunération salariale;
— La transformation des conditions de travail.

***

1° *L'automation et les problèmes de l'emploi.*

Il y a lieu de distinguer ici les effets de l'automation sur le niveau global de l'emploi, et, d'autre part, sur un secteur particulier d'activité, professionnel ou géographique, ou encore selon la période de temps considérée:

a) Globalement, il apparaît que l'automation, comme les progrès techniques qui l'ont devancée, devrait aboutir, au moins à terme, à un *progrès de l'emploi*.

1. — De nombreux arguments appuient cette perspective favorable. La production massive et la réduction des coûts devraient être suivies d'un développement général de la consommation, si l'on prend soin d'assurer l'*avance parallèle du pouvoir d'achat*. L'extension d'industries nouvelles, atomique, électronique ou d'instruments de précision, contribuerait à augmenter la demande de main-d'œuvre. Enfin, l'on constate toujours une expansion des services commerciaux, administratifs ou financiers en fonction de toute avance notable de la consommation et du niveau de vie.

Les Américains, qui occupent avec les Russes la position la plus avancée en matière d'automation, font volontiers remarquer que les emplois effectifs ont augmenté, en définitive, dans les secteurs les plus automatisés de leur pays: pétrole, télécommunications, automobile notamment. L'exemple de Ford est couramment invoqué, puisqu'il s'exprime par un progrès de 55 p. 100 des effectifs employés sur dix ans. En France, les résultats constatés à la Régie nationale des usines Renault ne contredisent pas cette évolution.

2. — Il semble donc que le plus souvent, sur un plan global, et en considérant les résultats sur une période de temps suffisante, l'opinion la plus généralement formulée est que l'automation comme les progrès techniques antérieurs, doit se traduire par un accroissement sensible du volume de la production, un développement moindre, mais cependant réel de l'emploi total, avec une réduction nouvelle de la durée du travail.

Il est reconnu que l'introduction de l'automation sera d'autant plus bénéfique, à cet égard qu'elle pourra intervenir dans une situation de plein droit soigneusement maintenue, d'autant que, concrètement, les transformations les plus fortes intéressent le plus souvent les industries en expansion; pétrole, produits chimiques, automobiles, matériel électronique...

b) Mais l'optimisme fait place à une certaine *inquiétude* dès qu'aux perspectives globales, à plus ou moins long terme, est substitué un examen des possibilités d'évolution de l'emploi dans tel ou tel secteur particulier ou encore sur une période de temps limitée au court terme, où les problèmes de conversion de l'emploi et les risques de déclassement apparaissent immédiatement très réels.

1. — On a déjà vu plus haut que les besoins en main-d'œuvre allaient nécessairement évoluer au fur et à mesure des progrès de l'automation. Certaines professions ou certains emplois subiront une réduction parfois très sensible de leur effectif, tels les employés de bureau, les comptables, ou les ouvriers de production peu qualifiés. Plus généralement, il est admis que la qualification de la main-d'œuvre sera accrue et techniquement différente, ce qui impliquera indiscutablement soit des *changements de poste* à l'intérieur d'une entreprise, notamment des tâches de production à celles d'entretien ou de contrôle, soit des *transferts d'une industrie à une autre*, au profit, par exemple, des entreprises de fabrication de machines automatiques, soit enfin des *déplacements géographiques* ajoutant aux problèmes du changement d'emploi ceux du logement et de l'adaptation psychologique.

Les changements individuels d'emploi, notamment, ne peuvent se traduire par un déclassement.

2. — *Le rythme* de l'automation sera sans doute déterminant quant à l'ampleur du mouvement de main-d'œuvre ainsi envisagé et aux risques de sous-emploi qui pourraient être créés ou aggravés. ils est souvent observé que les perspectives de développement de l'automation restent, actuellement, limitées à un nombre réduit d'entreprises, ou à une part assez faible de la main-d'œuvre dans une même entreprise. Des études poursuivies aux U .S. A. ont fait ressortir que les industries susceptibles d'être affectées par l'automation dans les prochaines années ne représentaient que 10 p. 100 de l'effectif global de la main-d'œuvre. Ce chiffre ne doit pourtant être considéré qu'à titre indicatif car ce genre d'enquête reste très difficile à mener dans l'incertitude où l'on est en ce qui concerne les données de base et le rythme de progression de l'automation.

Les délais de fabrication des machines automatiques, d'équipement des usines utilisatrices et de formation des techniciens allongent, d'autre part, le temps d'adaptation et empêchent une automatisation très hâtive.

La délégation du Royaume-Uni à la conférence internationale de l'automatisme d'avril 1957, organisée par l'agence européenne de productivité, a cité l'exemple précis de l'industrie mécanique, « où l'introduction des machines transfert ne peut avoir lieu que par étapes, étant donné que chaque machine est ordinairement conçue pour fabriquer une seule pièce ou un groupe relativement limité de pièces. On est obligé de traiter séparément le cas de chaque nouveau processus, de sorte que le développement est relativement lent. Un progrès sensationnel de la technique peut réduire dans une large proportion la main-d'œuvre nécessaire à l'exploitation d'un processus, mais ceci n'a qu'une très petite influence sur l'ensemble de l'usine. C'est ce qu'on a vu jusqu'ici dans les usines d'automobiles ».

Par contre, l'une des annexes au rapport de la délégation française a souligné les risques d'un autre transfert: celui du sous-emploi de l'entreprise principale automatisée vers les entreprises sous-traitantes, dans le cas où celle-là, avec une ou plusieurs machines automatiques ou quelques ouvriers, parvient à réaliser le travail autrefois assuré par celles-ci avec un personnel beaucoup plus important.

On est donc conduit à trouver le moyen terme entre une automatisation lente, dangereuse du point de vue de la concurrence nationale ou même internationale, et une automatisation brutale, pleine de risques pour l'emploi.

3. — Ainsi, et surtout en période de transition ou d'adaptation: la *garantie de l'emploi* pose l'un des problèmes majeurs du développement, reconnu nécessaire, de l'automation. Il était ainsi énoncé dans une publication de l'U. N. E. S. C. O.:

« La justice implique que soient comptées, dans le prix de revient véritable du nouveau procédé, les dépenses de *reclassement* de l'homme qui a perdu son emploi ou sa spécialité par l'introduction de l'automation et doit retrouver une rémunération au moins égale. »

Une telle exigence de simple justice doit jouer particulièrement lorsque le reclassement ne peut être assuré à l'échelon de l'entreprise, pour ne pas pénaliser, sur le plan économique, les industries les plus évoluées techniquement, sans pour autant résoudre mieux le problème de l'emploi.

Le mouvement de la main-d'œuvre exigera, de ce fait, une *régularisation de l'emploi* à un échelon plus élevé et l'introduction de clauses spéciales d'embauchage prioritaire et de reclassement inscrites dans les *conventions collectives*.

Un tel résultat ne saurait être atteint sans une coopération très étroite des employeurs et des organisations syndicales avec les pouvoirs publics, sur laquelle il y aura lieu de revenir.

Mais ce doit être d'ores et déjà un postulat formel de ce rapport, qu'en aucun cas le développement de l'automation et ses conséquences sur l'évolution de l'emploi ne peut avoir lieu, comme il en est advenu pour d'autres progrès techniques, à l'encontre *des droits fondamentaux de la main-d'œuvre à une sécurité matérielle et morale légitime*, qui n'exclut certes pas les adaptations nécessaires à une véritable expansion économique, moyen de progrès social.

Analysant les incidences probables de l'automation sur le niveau de l'emploi aux Etats-Unis, M. Pollock souligne, en conclusion, l'importanec fondamentale de cette politique concrète de garantie des droits de la main-d'œuvre: « la direction des syndicats (américains) », écrit-il, « semble convaincue que grâce à la montée des salaires correspondants à la productivité croissante, à la réduction de la durée du travail, au salaire annuel garanti, etc., on peut maintenir, entre la capacité de production et la capacité d'extension du marché, « l'équilibre dynamique » nécessaire au plein emploi ».

Le dirigeant syndicaliste, Walter Reuther, a souligné, à cet égard, la nécessité de la prévision, pour faire face aux risques de l'automation, d'un « *immense programme de travaux publics* (écoles, logements, hôpitaux, routes, ouvrages de protection contre les inondations, etc.).

Quoi qu'il en soit, le problème de la garantie de l'emploi rejoint celui de la garantie du revenu dont il faut maintenant considérer l'évolution.

2° *L'évolution de la rémunération salariale.*

a) L'automation conduit, en premier lieu, à une *disparition progressive* des salaires aux pièces ou au rendement, et introduit la *rémunération mensuelle de qualification*.

M. Georges Friedmann le constatait à la conférence sur l'automatisme d'avril 1957 à Paris, en soulignant que l'orientation générale aboutissait à « considérer comme dépassé le lien entre salaire et quantité de travail fournie ». Déjà, aux journées sur l'automatisme de février 1956, un rapporteur avait déclaré qu' « alors que la division des tâches et la spécialisation des

ouvriers et des postes de travail, a développé les rémunérations au rendement, l'enchaînement des postes et la suppression des manutentions démontreront que la réalisation d'un standard est plus importante que l'amélioration du rendement individuel ». Ce qu'exprimait, en termes de métier, un membre de la direction du personnel des usines Renault, en signalant que « lorsque notre standard de base est de 100 véhicules, il n'est pas intéressant de fabriquer 103 vilebrequins au lieu de 100 ; nous ne saurions que faire des 3 vilebrequins en excès ».

1. *D'après certaines données publiées dans le rapport des journées d'information sur l'automatisme, tenues à Paris, en février 1956, sous l'égide du commissariat général à la productivité, les critères de la rémunération de qualification pourraient être les suivants :*

— connaissances professionnelles, relativement limitées pour les ouvriers à la production, de niveau spécialisé et dont le nombre doit être plus ou moins fortement réduit par l'automatisation des entreprises, mais plus étendues par le nombre grandissant des ouvriers d'entretien et de contrôle, des techniciens chargés des programmes, des machines, etc. ;

— intensité de l'effort physique (rareté des postes pénibles) et mise en œuvre de certaines qualités, surtout de l'attention ; évaluation nouvelle des tâches (« job-évaluation ») ;

— responsabilité très lourde pour l'opérateur ou le technicien d'entretien, en raison des pertes considérables entraînées par l'arrêt d'installations automatiques ;

— conditions de travail (sécurité, environnement, conditions défavorables particulières).

2. Le développement de la rémunération de qualification s'accompagne souvent de la revendication du *salaire garanti*, comportant une participation assurée aux résultats tirés de l'automation.

— on sait que les syndicats américains en ont fait l'un des éléments essentiels de la sécurité du salarié au regard des incidences de l'automation sur l'emploi. Des contrats avec l'industrie automobile, notamment, ont prévu la garantie d'un pourcentage allant jusqu'aux 2/3 du salaire en cas de chômage, sur des périodes de temps pouvant atteindre six mois. De telles clauses ont l'avantage de conduire les entreprises intéressées à une appréciation globale, à la fois économique et humaine, de leur effort d'investissement en matériel automatique. Leur introduction est facilitée par le fait que les entreprises automatisées sont contraintes de maintenir une forte production, et la stabilité d'un personnel préparé techniquement et physologiquement. Une politique de salaires élevés et garantis est alors indispensable pour écarter le risque considérable d'un arrêt de la production par mauvais fonctionnement du matériel ou apparition de conflits du travail.

Il semble d'ailleurs qu'avec l'expansion de l'économie américaine jusqu'à ces dernières années, les syndicats américains aient attaché moins d'importance ou d'actualité qu'au départ aux problèmes de l'automation. La nouvelle conjoncture, marquée par une nouvelle importance du chômage, a dû, sans aucun doute, redonner une nouvelle vigueur aux inquiétudes et recherches de ces syndicats.

La demande syndicale du salaire annuel garanti rejoint souvent, aux Etats-Unis, la préoccupation de nombreux milieux industriels américains, qui pensent qu'à une production accrue doit correspondre un développement parallèle de la consommation, c'est-à-dire du pouvoir d'achat à la fois par baisse des coûts et hausse des salaires. C'est la position de Ford précisée ainsi par l'un des directeurs de ses usines : « Plus nos salaires seront élevés, plus importante sera la demande de biens produits par les ouvriers américains. Plus les prix que nous calculerons seront bas, plus nous pourrons vendre.

On notera, sur un autre plan, le *rapprochement de la condition ouvriers-employés* introduit par les mesures de sécurité de l'emploi et le mode mensuel de la rémunération, qui sont le corollaire de l'automation.

Par contre, celle-ci peut faire apparaître ou aggraver certaines *distorsions*, par exemple, entre les rémunérations des ateliers automatisés, ou non, d'une même entreprise, entre entreprises ou encore selon les industries, selon le degré d'automatisation réalisé.

On souligne notamment qu'un appel de main-d'œuvre qualifiée se fera, sous forme de salaires plus élevés, vers ces secteurs automatisés. Un déséquilibre soulevant des problèmes très complexes peut en résulter entre ces secteurs et les autres. On cite l'exemple des chemins de fer anglais, obligés d'élever leurs salaires pour tenter de limiter les départs de certains éléments de leur personnel vers l'industrie mécanique de plus en plus automatisée et offrant des rémunérations plus avantageuses. Ces distorsions peuvent avoir des conséquences notables sur l'évolution économique et social ;

b) Le financement de la part indirecte des rémunérations salariales sera évidemment directement affecté par les progrès de l'automation.

On se bornera à noter ici que le régime des *cotisations sociales* devra être réétudié. Il y aura lieu, notamment de reconsidérer le problème de la répartition entre les entreprises automatisées et les autres, compte tenu non seulement des effectifs, mais sans doute aussi, de critères économiques, tels les chiffres d'affaires réalisés. Une évolution peut paraître d'autant plus nécessaire, en ce domaine, que les progrès nouveaux de la technique auront vraisemblablement pour conséquence, comme en avertit le B. I. T., d'accroître les besoins en matière de sécurité sociale.

3° *La transformation des conditions de travail.*

a) Intérêt du travail.

Dans son rapport à la conférence internationale de mars 1957, le directeur général du B. I. T. indiquait qu'il était encore « trop tôt pour affirmer que sous l'empire de l'automation et des progrès techniques qui s'y rattachent, le travail cessera d'être ennuyeux, monotone et routinier, pour devenir intéressant ».

1. On insiste souvent sur la libération de travaux parcellaires et répétitifs, de caractère peu créateur, qui pourrait être accélérée par l'automation.

« Des recherches faites en Belgique, aux Etats-Unis, en France, en Italie et au Royaume-Uni », note le rapport précité, « ont montré que toutes les tâches qui astreignent l'homme à s'adapter à la cadence d'une machine sont une source de fatigue physique et de mécontentement.

« Cette tendance semble renforcée lorsque les installations sont partiellement automatisées ».

Dans ce cas, en effet, le malaise dû à la fixation de l'allure par la machine est plus nettement ressenti.

Par contre, « une automatisation *complète* ou quasi-complète aurait l'effet contraire et libérerait les travailleurs de toute sujétion à la cadence de la machine ». Les tâches de contrôle et de surveillance qui lui sont alors dévolues, peuvent toutefois présenter certains inconvénients, tels une tension nerveuse si l'esprit doit être constamment en alerte, ou encore un manque d'activité physique ou de contact avec les objets fabriqués.

2. Les *contacts humains* dans l'entreprise seront-ils améliorés ? Une réponse positive semble apportée par le développement, lié à l'automation, de certaines formes de travail en *équipe*, associant opérateurs, agents d'entretien et techniciens de maîtrise dans une coopération indispensable au fonctionnement continu du processus. Les rapports avec la maîtrise seraient améliorés par le fait que celle-ci n'aurait plus le rôle difficile d'assurer un chiffre de production par pression plus ou moins accentuée sur les ouvriers, mais de maintenir un ensemble en état de marche par la coopération de tous.

En contrepartie, un certain *isolement* des travailleurs a déjà été observé, lorsque les procédés automatiques conduisent à affecter certains d'entre eux à des postes isolés comportant chacun une zone de surveillance étendue. Dans ce cas, les contacts entre camarades de travail n'ont plus lieu et l'ouvrier n'a affaire qu'au régleur ou au chef d'équipe.

b) Hygiène et sécurité.

L'automation rendrait *le travail plus sûr* et plus hygiénique, par le seul fait que les machines ne se trouvent plus à portée immédiate des personnes. Mais le B. I. T. indique que la durée encore limitée des expériences, et la difficulté d'isoler les effets de l'automation, souvent partielle, de ceux d'autres facteurs, amélioration des méthodes, règlements de sécurité, durée du travail, etc., ne permettent pas encore des conclusions définitives. Ainsi, le nombre des accidents provoqués par l'électricité peut augmenter, au moins au début, et les appareils automatiques utilisant des matières radioactives, impliquent des efforts de protection qui peuvent se révéler insuffisants.

c) **Durée du travail et loisirs.**

1. — La réduction de la durée du travail paraît, au moins à terme, un corollaire inéluctable du développement de l'automation, qui en apporte la possibilité technique.

Les formes pourront en être multiples: diminution de la durée journalière ou hebdomadaire, mais aussi, allongement des congés, abaissement de *l'âge de la retraite*, et, pour les jeunes, prolongation de la période de préparation au travail.

Cette limitation nouvelle de la durée du travail doit être la contrepartie des inconvénients présentés par le développement du travail continu par équipes, étendu même au plan administratif et peut écarter les dangers qui pourraient naître de la tension créée par la responsabilité très forte des personnels intervenant dans la production automatisée. Une défaillance due à la fatigue peut avoir, en effet, des conséquences financières très lourdes si elle provoque un arrêt prolongé du processus. On ne peut encore dire plus sur cette question si importante, de la durée du travail, car, selon les termes du B. I. T., « jusqu'à présent, nous ne savons pas grand chose à ce sujet », sinon qu'une nouvelle réduction doit être envisagée.

2. — Il n'est donc pas illusoire de souligner, dès maintenant, les chances de *promotion culturelle* ouvertes par l'accroissement des *loisirs* liés aux progrès de l'automation.

Le directeur général du B. I. T. n'a pas craint, dans son raport de mars 1957, de présenter en ces termes ce problème qui n'est pas secondaire:

« ... On en est venu à penser, dans de nombreux milieux, que la question des loisirs occupera une place prépondérante parmi les problèmes sociaux posés par le développement de l'automation et des utilisations de l'énergie atomique. Quoi qu'il en soit, nous ne saurions oublier que, dans leur très grande majorité, les salariés ont besoin aujourd'hui de loisirs accrus pour développer leur personnalité, se livrer aux activités qui les intéressent et remplir les obligations qui leur incombent sur les plans familial, social et civique. Cette considération est tout particulièrement valable pour les jeunes travailleurs durant la période de leur formation et il conviendrait, sans doute, de ne pas ménager les efforts pour leur assurer la possibilité d'utiliser leurs loisirs d'une manière fructueuse. »

⁂

CONCLUSIONS

Par l'étendue de ses possibilités, la diversité de ses applications et les résultats déjà obtenus dans d'importants secteurs d'activités, l'automation apparaît comme un progrès technique d'une très grande portée qui peut avoir des incidences multiples sur les conditions de la production et, par cela même, sur la vie économique et sociale.

Sans aller jusqu'à considérer que l'automation serait de nature à déclencher une véritable révolution industrielle dans un proche avenir, on peut estimer, qu'en provoquant une sérieuse accélération de l'évolution technique, elle accentuera fortement la mécanisation dans les différents domaines de la production.

Une transformation profonde des conditions de la production.

Si l'on retrouve dans l'automation la mise en application de principes déjà connus, l'innovation réside dans la généralisation d'emploi des dispositifs automatiques dans le cadre d'une nouvelle conception de la production qui, bénéficiant de techniques nouvelles et particulièrement du développement de l'électronique, peut se trouver profondément transformée, notamment en ce qui concerne la répartition des tâches entre les hommes et les machines.

Une importance particulière est maintenant accordée au rôle que doit l'information à côté de l'énergie comme facteur essentiel du rendement. Les perfectionnements apportés au traitement automatique de l'information conduisent à envisager une nouvelle distribution des tâches de la production en confiant à la machine des travaux qui, auparavant, ne pouvaient être effectués que par l'homme. A la fonction technologique de la machine, s'adjoint de plus en plus une fonction d'information sans intervention directe de l'homme, dont certaines activités intellectuelles sont mécanisables aussi bien que ses activités manuelles.

La mise en œuvre systématique et généralisée de dispositifs automatiques — de commande, de contrôle et de régulation — procède d'une nouvelle attitude en face de la production et s'inscrit dans une transformation d'ensemble englobant les machines, les processus et les produits. De ce fait l'automation peut étendre largement le champ de la mécanisation et accroître considérablement les possibilités de fabrication, en qualité comme en quantité. Elle permet en outre d'apporter de sérieuses améliorations à la gestion des entreprises par l'emploi de méthodes plus rigoureuses, rendues applicables grâce à l'intervention de machines de bureau à grande capacité et à grand rendement. Avec les ensembles électroniques, les directions des entreprises, les organismes scientifiques et techniques, ainsi que l'administration, peuvent disposer de moyens puissants pour résoudre les problèmes les plus complexes concernant la gestion, la recherche et les études économiques. L'utilisation du système de numération binaire, l'application de l'algèbre de Boole, les possibilités offertes par des organes de mémoire à grande capacité pour le stockage des programmes, des données et des résultats, permettent à ces machines à fonctionnement extrêmement rapide d'aller bien au delà d'opérations de calcul et d'effectuer certaines opérations fondées sur le raisonnement logique. Constitués d'éléments intégrés en nombre variable suivant les besoins, ces ensembles sont de véritables machines à traiter l'information qui trouvent leur emploi dans les domaines les plus variés: calcul et logique où entrent en jeu la répétition et la combinaison d'opérations complexes suivant des règles définies par des programmes, traduction impliquant le choix judicieux des termes dans un contexte donné et l'application de règles de syntaxe, imitation par reproduction des enchaînements les plus fréquents de la pensée. Dans ce dernier domaine, particulièremnt curieux, se classent les machines markhoviennes (1) qui, par l'analyse statistique des enchaînements, permettent par exemple de déterminer pour un groupe de mots ou de mesures les séquences les plus probables dans un texte littéraire ou musical donné.

L'automation s'étend ainsi aux secteurs les plus variés et prend en charge des activités considérées longtemps comme spécifiquement humaines. Ses étonnantes possibilités, entrevues à travers les réalisations actuelles, lui assurent sans aucun doute un développement de grande ampleur qui marquera fortement la production de l'avenir.

Pour obtenir un bon rendement de ces nouveaux moyens d'un coût très élevé, on est conduit à accorder une attention particulière aux problèmes d'organisation du travail, aussi bien dans les applications de bureau que dans celles de l'industrie. De nouvelles exigences se manifestent en ce qui concerne la préparation du travail, l'unification des méthodes, la normalisation, la codification, la création d'un langage commun, les consignes et les disciplines d'exécution. L'automation exclut tout-à-peu près, toute improvisation, impose une grande rigueur dans la conception et une analyse minutieuse de tous les détails de réalisation. Elle nécessite véritablement un nouvel état d'esprit en face de problème dont la solution s'écarte notablement des méthodes traditionnelles.

Un objectif économique:

L'automation est un facteur d'accroissement de la production qui présente un indéniable intérêt économique dans les branches où les fabrications peuvent être massives et où les produits sont stables. L'automation confère de ce fait une certaine rigidité à l'appareil de production, mais elle peut aussi avoir son application dans l'exécution de petites séries et assurer ainsi le retour à une certaine souplesse.

Entrée déjà largement dans la réalité industrielle pour quelques branches d'activité, elle tend à se développer dans de nombreux secteurs sans qu'on puisse avoir actuellement une idée précise sur ce que sera au cours des prochaines années le champ d'application de l'automation, et surtout le rythme de son développement. En se référant à l'expérience des pays les plus industrialisés, il apparaît cependant que pendant de longues années, l'automation n'occupera encore qu'un secteur relativement limité de la production et ne se développera que d'une façon progressive. Elle sera d'ailleurs freinée par les difficultés financières qui réduiront l'effort d'investissement et aussi par le manque de spécialistes — ingénieurs et techniciens — dont on ressent les effets même dans les pays qui sont à l'avant-garde du progrès technique. Néanmoins, la compé-

(1) Ce terme est dérivé du nom de Markhov, mathématicien qui a étudié particulièrement la théorie des enchaînements dans le calcul des probabilités.

tition accrue sur le plan international aura pour conséquence de pousser les entreprises à se moderniser afin d'améliorer leur position sur les marchés extérieurs.

Cette transformation technique aura des incidences sur la structure des entreprises et il faut prévoir qu'elle entraînera un renforcement de la concentration industrielle et financière. Les moyennes et petites entreprises pourront néanmoins conserver leur place dans cette évolution, et elles trouveront même de nouveaux débouchés si elles consentent à adapter leur production aux nouvelles exigences du progrès technique.

La création d'industries automatisées conduira sans doute à envisager des déplacements d'activité sur le plan géographique et cette importante question mérite d'être étudiée dans le cadre de la politique d'aménagement du territoire et du développement des économies régionales.

Dans la perspective d'une politique d'expansion économique dont la nécessité a été maintes fois affirmée, l'automation peut apporter à notre pays les moyens techniques de maintenir et d'améliorer la production. Ses avantages économiques paraissent suffisamment importants pour réaliser les conditions dans lesquelles doit être orienté son développement afin d'obtenir les meilleurs résultats pour la collectivité.

Des préoccupations sociales:

Dans la répartition des tâches entre les hommes et les machines, la part de l'exécutant tend à diminuer de plus en plus et la mécanisation élimine progressivement l'homme du circuit de la fabrication des produits pour l'orienter vers d'autres activités de la production intéressant notamment la préparation, le contrôle et l'entretien.

Dans les branches fortement mécanisées de l'industrie, les salariés se sont inquiétés des conséquences d'une évolution qui pourrait engendrer un chômage massif. L'examen des statistiques de l'emploi montre cependant que, dans une économie en large expansion, les effectifs de personnel continuent à croître en même temps que la production se développe.

On constate néanmoins que le rythme de la progression de l'emploi est beaucoup moins rapide que celui de la production et que des phénomènes de saturation apparaissent dans certains secteurs. Il est manifeste également que l'industrie automatisée est particulièrement touchée en période de ralentissement économique, car elle est conçue pour fonctionner à un niveau de production déterminé et présente moins de souplesse d'adaptation que l'industrie traditionnelle.

Si le risque de chômage est écarté, l'automation agit néanmoins directement sur la structure de l'emploi et entraîne nécessairement des transferts de main-d'œuvre, soit à l'intérieur de l'entreprise, soit dans une même industrie, soit encore d'un secteur à un autre ou enfin d'une région à une autre. Dans un pays où le problème du logement se pose avec acuité, les migrations de main-d'œuvre entraînent de sérieuses sujétions et peuvent occasionner une aggravation des conditions de vie, notamment en matière de transport.

Même dans le cas de réutilisation sur place du personnel, des conversions d'emploi sont inévitables, ce qui implique des efforts de réadaptation parfois importants. La disparition de certains métiers peut en outre créer des difficultés de reclassement, notamment pour les travailleurs âgés qui ne retrouveront pas toujours une tâche ayant le même niveau de qualification.

Les conditions de rémunération et de travail seront ainsi sérieusement modifiées par l'automation. En ce qui concerne les bureaux par exemple, on commence à introduire le travail à plusieurs équipes dans les services qui utilisent un matériel coûteux.

Par contre, le progrès technique permet d'exercer de nouveaux métiers intéressants et d'éliminer certains travaux manuels dangereux ou exigeant une grande fatigue physique. Il ouvre la voie à une limitation de la durée de travail, pouvant aller dans le sens d'une prolongation de la scolarité, de l'abaissement de l'âge de la retraite, de la réduction de la journée ou de la semaine de travail.

Les travailleurs et leurs organisations syndicales ont conscience de l'importance de l'automation et de ses conséquences sociales. Sans méconnaître les avantages à en attendre, ils se préoccupent particulièrement des problèmes de transition qui restent toujours délicats à résoudre lorsqu'on passe de la production traditionnelle à la production automatisée.

Dans ce sens, ils s'efforcent d'obtenir des garanties suffisantes pour que cette évolution ne se traduise pas, en définitive, par une régression, tant en ce qui concerne leur niveau de vie que leurs conditions de travail. S'efforçant d'analyser l'automation dans toutes ses conséquences économiques et sociales, ils ont en outre la préoccupation légitime d'assurer l'avenir des salariés en recherchant les moyens qui permettront d'orienter le progrès technique vers l'amélioration de la condition ouvrière.

Une nouvelle civilisation industrielle :

Il est peut-être difficile de dégager dès maintenant une sociologie de l'automation. Doit-on considérer que ce nouveau bond en avant de la technique renforcera les conclusions que tirait James Burnham dans son livre *L'Ere des Organisateurs* ? Sans doute, l'automation accentuera-t-elle encore la prééminence de la technique dans la société moderne et affermira-t-elle la situation de ceux qui la créent et la maîtrisent. Les « managers » et les ingénieurs hautement qualifiés occuperont vraisemblablement une plus large place dans l'état-major des organismes de direction et exerceront une action plus grande sur le pouvoir économique et même sur le pouvoir politique. L'antagonisme entre le gouvernement des personnes et celui des choses tendra à s'atténuer à partir du jour où l'un comme l'autre relèveront de disciplines scientifiques où l'empirisme jouera un rôle plus limité et d'activités où les décisions seront prises sur des bases plus rationnelles. A côté de ces managers et hauts techniciens, une place importante sera réservée aux spécialistes de la préparation du travail, de la réparation et de l'entretien. Par contre, ceux dont le métier aura disparu, les victimes du chômage technologique et les travailleurs des métiers peu ou non automatisés risquent, si l'on n'y prend pas garde, de former le prolétariat de l'automation, exposé à la volonté de puissance et à l'autorité du groupe restreint des organisateurs.

Cependant, à côté des aspects inquiétants de l'automation, il en existe de plus encourageants. Aussi efficaces et rapides qu'elles soient, les machines ne pourront ni se construire ni se réparer elles-mêmes. Elles n'auront jamais conscience de leur existence et de leur personnalité. Elles ne sont pas libres: la liberté restera l'apanage de l'homme. Si les éléments d'une décision sont fournis par la machine, il n'en reste pas moins vrai qu'en dernier ressort, c'est à l'homme qu'il appartiendra de décider et d'assumer la responsabilité.

La machine automatique ne sera donc peut-être pas aussi dangereuse qu'on peut le craindre. Elle apportera même une aide précieuse à l'esprit humain, en le déchargeant de certaines tâches monotones et répétées. Elle donnera les moyens de mettre un terme à la misère économique; en augmentant la productivité du travail, elle dégagera un temps important pour les loisirs et la culture.

Quant aux perspectives sociales défavorables, elles s'adoucissent et perdent une partie de leur caractère préoccupant si l'on songe qu'elles peuvent être atténuées par la planification et par une réforme des esprits.

La planification est une exigence de l'automation. Elle est d'ailleurs rendue plus facile et plus rigoureuse grâce aux nouvelles techniques de direction. Elle seule pourra éviter les chocs économiques violents, la saturation des marchés, la formation d'une couche sociale inférieure et prolétarisée.

La réforme des esprits, notamment par l'enseignement, sera tout aussi utile. Les philosophes ont souvent montré que si la puissance de l'homme n'avait fait que croître au long des siècles, son sens moral n'a pas connu une évolution parallèle; cet écart entre le moral et le technique n'est peut-être pas irrémédiable: une réforme des esprits est possible, appuyée sur un enseignement des valeurs humaines, sur un sens de la solidarité et du respect de l'homme. On pourrait ainsi espérer que les maîtres de la technique ne deviendront ni des autocrates ni des technocrates.

Dans cette voie une nouvelle science vient de naître, qui nous aidera à mieux ordonner l'automation à la nature humaine: la prospective. Elle pourra dresser des lignes d'avenir, formuler des avertissements en fonction des techniques nouvelles, de leurs dangers et de leurs menaces. Elle devra mettre l'accent sur les problèmes démographiques, et notamment celui de la faim: l'automation ne les résoudra pas d'un coup de baguette magique. Or, c'est de leur solution que viendra le salut des deux tiers de l'humanité, ces deux tiers de la famille humaine qui ne mangent pas à leur faim et qui meurent en moyenne à trente ans.

Conditions d'un développement harmonieux de l'automation.

« En tant que réalité matérielle, l'automation est une source de richesse; en tant que réalité psychologique, c'est une source de craintes ». Cette constatation, formulée dans une communication à l'U. N. E. S. C. O., paraît bien rendre compte des problèmes: comme d'autres progrès techniques, et peut-être

plus encore qu'eux dans la mesure de l'accélération apportée, l'automation n'est en soi ni un bien ni un mal: *tout dépend de ce qu'on en fera:* moyen de libération sociale ou asservissement à une froide réussite technique ou au profit égoïste d'une minorité.

Aussi souligne-t-on avec force, dans la plupart des publications sur l'automation, la nécessité absolue d'un contrôle de l'automation, qui permette de ne pas la subir, comme a été subie la mécanisation du XIXe siècle, mais de l'orienter au bien général.

Pratiquement, les exigences ci-après sont plus spécialement rappelées:

a) Nécessité d'une *prévision* économique très développée, appuyée sur l'information, la statistique, l'étude de marché, le contrôle des investissements et sur une documentation précise relative à l'évolution de l'automation en France et dans le monde;

b) Obligations de *garanties* formelles à la main-d'œuvre sur les plans de la rémunération (salaire de qualification garanti et participation aux résultats), de la rééducation professionnelle et de la formation des jeunes, notamment des techniciens et des spécialistes dont les secteurs intéressés par l'automation auront de plus en plus besoin, de la durée du travail, de l'âge de la retraite, de l'information du personnel au sein des entreprises, etc... (« Requalification et non disqualification » de la main-d'œuvre touchée par l'automation, écrit le commissaire général à la productivité) : la formation de base revêt une importance particulière à cet égard, car en renforçant la polyvalence de la main-d'œuvre, elle facilitera sa « requalification »;

c) Caractère indispensable d'une *coopération tripartite pouvoirs publics, chefs d'entreprise et syndicats,* pour la détermination et la mise en œuvre des mesures de politique économique et sociale indispensables à la solution des problèmes de transition à court terme et d'adaptation à longue échéance posés par l'automation.

Cette coopération suppose, en fait, la coordination très ferme des efforts des ministères responsables, à des titres divers, du développement de l'automatisation et de son contrôle, et celle de tous les organismes ou groupements techniques, économiques ou sociaux intéressés directement à la solution des problèmes posés par l'automatisation.

De nombreux organismes se sont en effet créés ces dernières années, pour étudier l'automation et les divers problèmes qu'elle soulève. Il convient donc, pour accroître leur efficacité, de coordonner leur activité et d'éliminer les doubles emplois et les chevauchements de compétence.

De quelques problèmes à résoudre dans un proche avenir:

Parmi ces problèmes, certains méritent d'être soulignés tout particulièrement:

1° Le progrès et la qualité de la production des *industries de base de l'automation,* — industries mécaniques, électriques, électroniques et fabrication des instruments de mesure et de contrôle — est, ainsi que le développement de la normalisation, une des conditions fondamentales du développement de l'automatisation en France, si l'on veut sauvegarder l'indépendance économique de ce pays et lui assurer une position compétitive dans la communauté économique européenne. Dans ce secteur, les efforts doivent porter notamment sur des prix et des délais de livraison, évitant des importations.

L'exposition organisée en septembre prochain par le centre national de l'automatisation, qui groupe les fédérations industrielles intéressées, et travaille en coopération avec le ministère de l'industrie et du commerce et le commissariat général à la productivité, permettra par le rapprochement des efforts et des réalisations, de faire un premier bilan de la situation des industries de base et de préparer l'avenir;

2° *L'automatisation des petites séries* est essentielle en France, en raison de leur perspective dans notre système de production, notamment mécanique, et surtout au moment de mise en œuvre du Marché commun. Elle devrait conduire à un effort substantiel de *réduction des temps morts* employés à l'alimentation ou aux réglages des machines et sur lesquels des gains de productivité considérables pourraient être obtenus, en raison notamment de l'âge moyen élevé de notre outillage. Une telle recherche met en jeu des qualités d'ingéniosité qui correspondent assez bien aux possibilités du tempérament national;

3° L'application de l'automation aux tâches administratives est de nature à apporter des améliorations sérieuses dans le domaine de la gestion des entreprises et dans celui des études économiques poursuivies par l'administration. Pour pouvoir mener à bien ces tâches et tirer réellement profit des nouveaux moyens électroniques, il est cependant indispensable de bien connaître les possibilités du matériel, de disposer d'une information précise et rigoureuse, d'un appareil statistique suffisant et d'accepter certaines disciplines, en matière d'organisation et de codification;

4° Les problèmes de formation et d'adaptation du personnel prennent une importance essentielle;

5° Il ne peut y avoir de développement suffisamment rapide de l'automatisation en France sans une orientation d'investissements et une *adaptation* profonde de notre *régime fiscal* et de nos modes de distribution du *crédit* aux conditions nouvelles d'amortissement accéléré exigées par les équipements automatiques, en tenant compte des besoins particuliers des *petites et moyennes entreprises,* qui doivent avoir des moyens de s'automatiser dans les conditions déjà précisées.

**

Dans le cadre de ces orientations, l'automation devra pouvoir apporter des avantages sérieux au développement de notre économie et contribuer efficacement à l'amélioration des conditions de vie des travailleurs. Un pays comme la France doit recourir à l'automation; il s'agit là d'un progrès technique qu'elle ne peut refuser sans se laisser distancer par les autres pays, et en particulier par ses partenaires au sein du Marché Commun. En contribuant dans certains secteurs à l'abaissement de nos prix de revient, l'automation pourrait être un atout sérieux dans les efforts que nous poursuivons en vue du redressement de notre balance des comptes, chroniquement déséquilibrée. Mais ses avantages techniques et économiques ne joueront à plein que si elle est utilisée comme un outil puissant, en faveur du progrès social et de la promotion de l'homme.

ANNEXES

ANNEXE I

Avis présenté au nom de la commission de la production industrielle par M. Wolff.

Chargée d'examiner plus spécialement les aspects économiques du problème de l'automation, la commission de la production industrielle approuve l'avant-projet de rapport de M. Liénart.

Toutefois, la commission souhaiterait que le rapport définitif de M. Liénart insiste plus particulièrement sur les problèmes de financement et de formation du personnel.

I. — Financement.

L'automation doit permettre un accroissement rapide de la production, mais nécessite en contrepartie un volume d'investissements considérable: d'une part, la substitution des chaînes de production automatique et des appareillages électroniques aux techniques classiques est plus onéreuse, d'autre part, l'amortissement de ces nouvelles machines doit être effectué sur une période plus courte.

En contrepartie de ces dépenses d'investissements supplémentaires, on doit obtenir une économie de main-d'œuvre sur les produits ouvrés ou les services bénéficiant d'une plus grande activité. Encore faut-il que les produits ainsi fabriqués, en plus grande série ou les services rendus à une cadence plus rapide, donc dans tous les cas à coût unitaire plus faible, trouvent un débouché.

On peut dès lors constater que les limites de l'automation se trouvent « automatiquement » imposées par les disponibilités du marché des capitaux, la rentabilité des techniques automatiques (le taux d'intérêt joue par là-même un rôle important) et les possibilités d'écoulement sur le marché envisagé. Un développement sain de l'économie implique que le recours aux techniques automatiques conduise à des productions compétitives, tant sur le marché national que sur les marchés étrangers.

Volume des investissements.

Selon le troisième rapport du conseil de direction du fonds de développement économique et social, la masse totale des investissements bruts en capital fixe, effectués dans la France métropolitaine en 1957, s'est élevée à près de 3.900 milliards de francs.

Ces dépenses représentent 18,6 p. 100 du produit national brut. En Allemagne et en Italie les pourcentages correspondants sont respectivement de 24 et 23 p. 100.

Pour soutenir la compétition dans le Marché commun, la France sera sans doute obligée d'accroître son effort d'investissement au niveau atteint par ses voisins. Encore faut-il remarquer qu'à l'avenir notre pays aura non seulement à faire face aux investissements courants de modernisation mais aussi aux investissements de développement nécessaires à la création de quelque 2.500.000 emplois supplémentaires, dans les quinze prochaines années, pour faire face au développement démographique et aux transferts de main-d'œuvre probables.

Les possibilités financières ouvertes à l'automation se trouveront relativement réduites par les autres impératifs. D'autant qu'aux dépenses d'équipement des entreprises devront s'ajouter celles des industries destinées à fabriquer le matériel automatique.

Ceci ne signifie pas qu'un effort ne doive pas être fait pour développer notre équipement automatique. Il est certain que la production de matériel électronique professionnel, et de tubes électroniques en particulier, est assez faible, avec une valeur d'environ 70 milliards. A ce chiffre il faut ajouter, naturellement, la production des ensembles électroniques tels que les calculateurs, ordinaires, etc., destinés à l'automation administrative.

A ce propos, il convient d'attirer l'attention des pouvoirs publics sur la nécessité de faciliter l'importation de certaines pièces détachées hautement spécialisées qui sont nécessaires à la construction en France de grands ensembles, alors que leur valeur est très faible par rapport à celle de cette production ainsi compromise.

Il en est de même pour certains appareillages qui manquent à la recherche scientifique dans tous les domaines.

Facilités de crédit. — Amortissement.

Si l'automation des industries mécaniques de transformation, notamment, est un impératif pour assurer leur compétitivité dans le Marché commun, les plus grandes précautions devront être prises pour éviter les investissements superflus ou mal conçus.

Nous tenons surtout à souligner qu'un développement harmonieux de l'automation devrait permettre non seulement l'adaptation des grandes entreprises à ces nouvelles techniques, mais aussi celle des petites et moyennes entreprises industrielles, comme des entreprises artisanales.

Il est indispensable que les entreprises de faibles ou moyennes dimensions puissent se spécialiser dans la fabrication automatique de pièces destinées à alimenter les grandes entreprises. La petite série peut d'ailleurs être aussi rentable que la grande lorsqu'elle justifie des investissements proportionnels. L'automation ne doit pas couper la petite industrie de la grande, mais lui permettre de demeurer complémentaire, sinon il est certain que l'automation ne constituerait pas finalement un avantage pour l'ensemble de l'économie, mais signifierait la ruine de certaines entreprises sans autres profits. La rentabilité de l'automatisation des petites et moyennes entreprises dépend uniquement de l'existence des commandes suivies sur une longue durée, dont la connaissance permet justement de réaliser les investissements correspondants. Les exemples de certains pays étrangers dans ce domaine doivent être suivis. Aussi paraît-il nécessaire que les pouvoirs publics prennent certaines mesures absolument indispensables concernant:

— les facilités de crédit;

— la durée des amortissements.

Si les grandes entreprises peuvent plus facilement recourir à leur trésorerie propre ou faire appel au marché des capitaux pour assurer de tels investissements, il n'en est pas de même des petites et moyennes entreprises. Les pouvoirs publics devront donc leur offrir des facilités particulières de crédit, s'ils veulent leur permettre de survivre dans le cadre du Marché Commun.

En ce qui concerne la durée des amortissements, des réductions importantes des délais considérés comme normaux pour les équipements classiques, devront être admises si l'on veut permettre l'introduction de ces nouvelles techniques. L'administration fiscale ne doit pas considérer une telle accélération des amortissements comme une faveur, mais comme une nécessité établie, dans chaque cas particulier, par un organisme impartial et compétent.

Enfin, les services officiels devraient pouvoir conseiller utilement les entreprises désireuses de s'automatiser, en les aidant notamment à effectuer les études de marchés indispensables. Dans ce même but, des bureaux d'études spécialisés devront être développés ou créés.

II. — Formation du personnel.

Le développement de l'automation va entraîner une élévation du niveau de la main-d'œuvre et par là-même une transformation des besoins. Les emplois nouveaux qui seront offerts devront être pourvus soit directement par les écoles d'ingénieurs et de techniciens, soit grâce à une rééducation des différentes catégories de travailleurs.

Un plan d'automation doit être mis à l'étude afin d'établir des prévisions sur les modifications d'emplois, les enseignements complémentaires ou de rééducation à prévoir, sur la formation d'un corps enseignant informé des derniers progrès.

Pour cela, il devra être fait largement appel aux spécialistes de l'industrie pour former les techniciens nécessaires et libérer, pour les tâches qui leur sont propres, les ingénieurs utilisés à d'autres emplois. Dans ce but, il conviendra de bien échelonner les divers titres de techniciens spécialisés.

Pour leur formation, qui est surtout assurée actuellement par les constructeurs de machines électroniques, il est essentiel que l'enseignement technique crée pour eux des enseignements spéciaux.

On peut estimer que le nombre de collaborateurs de l'industrie à former chaque année pour les nouveaux emplois serait de 200 à 300 pour les ingénieurs spécialisés et de 500 à 600 pour les techniciens.

Les grandes écoles scientifiques et techniques, ainsi que l'Université, auront fournir les cadres nécessaires à la conception et à la construction de machines intéressant l'automation industrielle ou administrative et l'étude des problèmes de gestion. En particulier, les ingénieurs Arts et Métiers, surtout s'ils sont pourvus d'une licence à base mathématique, trouveront certainement des débouchés très intéressants dans l'automatisation des machines.

En ce qui concerne les administrations, toutes celles qui occupent plus de 2.500 personnes sont justiciables de l'automation, qu'il s'agisse des banques, des assurances, des grandes entreprises commerciales à succursales multiples, des coopératives. Déjà, les administrations publiques telles que la S. N. C. F., les ministères des finances, des P. T. T., de l'air, de la Guerre, etc. sont largement automatisées.

Dans ce domaine, l'Etat devra faire l'effort financier suffisant pour assurer l'infrastructure intellectuelle nécessaire au développement de l'automation par l'extension des écoles d'ingénieurs et de techniciens et la formation du personnel enseignant indispensable.

ANNEXE II

BIBLIOGRAPHIE. — Principaux ouvrages et articles déjà parus sur l'automation:

1° Ouvrages généraux.

« L'Automation, ses conséquences économiques et sociales », par M. F. Pollock, éditions de Minuit.

« Session d'études syndicales sur l'automation », A. E. P., Londres 14-17 mai 1956.

B. I. T. Genève 1957. « L'automation dans les industries mécaniques ».

A. E. P.: « Vues sur l'automatisme », Belgique (nov. 1956), République fédérale Allemande (déc. 1956), Royaume-Uni (nov. 1956), France (nov. 1956).

« Automatisme », numéro spécial de documents du commissariat général à la productivité (fév. 1956).

« A propos de l'automation », par MM. Colomb et Liénart, A. E. P.

« Le patronat, les salaires, l'Etat face à l'automation », par M. G. Hartmann (éd. de la Baconnière).

« Automation: friend or foe », par M. R.H. Mac Millan (Cambridge University Press).

« L'automation », par M. L. Salleron (Que sais-je ? P. U. F.).

« Aspects de l'automatisation dans la production industrielle », par M. Teani.

« The automatic factory — What does it mean ? ». Congrès de Margate, juin 1955.

« Automation » (Department of scientific and Industrial Research, Londres 1956).

« L'Usine automatique », Comité national belge de l'organisation scientifique, Bruxelles.

« Politique et Technique », Centre de sciences politiques de l'institut d'études juridiques de Nice, 1958.

« Des Atomes et des Hommes », par Louis Leprince-Ringuet, 1958.

« Cahiers du centre de recherches et d'études des chefs d'entreprise », n° II, 1957.

« Le Grand espoir du xx^e siècle », par Jean Fourastié, 1952.

« Machines à penser », revue « Esprit », septembre 1950.

2° Aspects économiques et techniques.

A. E. P.: « Vues sur l'automatisme. — Aspects économiques », par M. Passet (mars 1957).

« The economic consequences of automation » ,par M. P. Einzig (Martin Secker, Londres).

« Aspects économiques de l'automation », par J.-L. Fyot, « Revue de l'action populaire », juin 1957.

Vues sur l'automatisme:

« L'Automation et la gestion scientifique des entreprises », par M. P. Bize, A. E. P., avril 1957.

« L'Automation administrative », par M. Mehl.

« La cybernétique du cerveau humain aux cerveaux artificiels », par le docteur Cossa (Masson et C^e).

« Automation: the advent of the automatic factory », par J. Diebold (Van Nostrand et C^e).

« Découverte de la cybernétique », par M. A. Ducrocq (Julliard).

« La cybernétique », par M. Guilbaud; « Que sais-je ? », P. U. F.

« Random processes in automatic control », par MM. Laning et Battin (McGrawhill Book, New York).

« Electronic computers and management control », par MM. Kozmetsky et Kircher (McGrawhill Book, New York).

« Office work and automation », par M. Levin (Wiley, New York).

« Applied automation. — Emploi de l'automatisation dans l'industrie automobile », Custer, 1956.

« Automatic data processing conference », (conférences sur l'exploitation automatique des statistiques, Harvard, 1955).

« Automation and technological change », (Congrès des U. S. A., Washington, 1955).

« Conférence dans le domaine de l'organisation scientifique et de l'automation », par Bogardy, Sadep, 1956.

« Qu'est-ce que la recherche opérationnelle ? », par F. Russo, « Revue de l'action populaire », avril 1958.

« La mécanique comparée », par Louis Couffignal (extrait de Thalès, tome VII, 1951).

« Les machines et la psychologie », par Louis Couffignal (extrait de la revue « Technique - Art - Science », de février-mars 1952).

« Automatique et Normalisation », par l'ingénieur général Salmon, « Courrier de la normalisation », janvier-février 1957.

« Le calcul électronique au service de l'ingénieur », par R. Pailloux, revue « Arts et Métiers », janvier 1955.

« Appareils et cerveaux électroniques », par A. Ducrocq, Hachette 1952.

« L'Automatique des informations », par F.-H. Raymond, éditions Masson 1957.

« Cerveaux géants. — Machines qui pensent », E. C. Berkeley, Dunod 1957.

« La Pensée artificielle », par Pierre de Latil, éditions Gallimard 1953.

« Introduction à la cybernétique », par W. Ross Ashby, éditions Dunod 1958.

3° Aspects sociaux.

« Le Travail en miettes », par M.-G. Friedman (Gallimard 1956).

« L'Evolution du travail ouvrier aux usines Renault », par M. Touraine (C. N. R. S.)

« Rapport du directeur général du B. I. T.: L'Automation et les autres progrès de la technique. — Leurs répercussions sociales », Genève 1957.

« Application de l'automation en Europe », par Eric Southwell, Service d'information et de recherches syndicales de l'Agence européenne de productivité 1957.

« Compte rendu du congrès international de Milan de l'Association internationale pour le progrès social » (24-27 mars 1956).

« Conséquences humaines de la révolution technique », par A. Barjonet, Cahiers internationaux n° 91, décembre 1957.

« Problèmes de l'automatisation. — Recherches internationales à la lumière du marxisme », 1957.

« Recherches et débats du Centre catholique des intellectuels français. — Automation et avenir humain », septembre 1957.

« Deuxième révolution technique », par F. Rosso, Etudes, mars 1957.

« L'Enjeu de l'automatisation », par Cl. Vincent et W. Grossin, Editions sociales, 1958.

« Automation et Réalités », par G. Boissonnat, Revue de l'Action populaire, avril 1956.

« Cybernétique et Société », par Norbert Wiener, Deux Rives 1952.

ANNEXE III

(Annexe à la partie V: RÉALISATIONS.)

L'automation dans les ateliers d'usinage de la Régie Renault.

(Extrait de la note communiquée par la Régie à la suite de la visite des ateliers de Billancourt par une délégation des commissions des affaires sociales et de la production industrielle du Conseil économique.)

Si les Américains ont commencé à parler d'« automation » à propos des machines-transfert, nous croyons utile de caractériser au préalable les machines spéciales à postes fixes auxquelles elles ont succédé.

Les machines spéciales à postes fixes sont des machines spécialement conçues pour effectuer automatiquement une ou plusieurs opérations déterminées sur une pièce d'un modèle également déterminé. Caractérisé déjà par une extrême rigidité, ce type de machines existait aux usines Renault en 1938 et peut être considéré comme contemporain du modèle Juvaquatre.

Les machines-transfert se différencieront des machines spéciales à postes fixes par la translation automatique des pièces d'un poste à l'autre entre les opérations successives d'usinage. Il s'agit donc de machines à postes multiples auxquels les pièces restent fixes pendant les opérations d'usinage, se déplaçant au contraire de poste en poste sans intervention manuelle pendant les temps intermédiaires.

Les machines-transfert ont été utilisées à la Régie Renault dès 1946 pour l'usinage de la 4 CV. Leur emploi s'est étendu en 1952 avec le lancement du modèle Frégate et, enfin, en 1956 avec le lancement du modèle Dauphine. Elles sont de deux types: machines à plateau circulaire et machines à déplacement rectiligne.

Machines spéciales à postes fixes, machines - transfert à plateau circulaire et machines - transfert à déplacement rectiligne sont équipées de têtes électromécaniques qui sont autant de machines élémentaires autonomes susceptibles d'effectuer un cycle d'usinage complet comportant des mouvements de rotation et de translation des outils.

Le cycle de la machine étant ainsi rigoureusement prédéterminé, le rôle de l'ouvrier consistera à alimenter le poste d'usinage ou les montages porte-pièces de la machine en pièces à usiner, brider les pièces, déclencher le cycle d'usinage, débrider et évacuer les pièces usinées et, éventuellement, assurer certains contrôles. La différence entre machines à postes fixes et machines-transfert vient simplement du fait que les reprises manuelles au cours de l'usinage d'une pièce donnée seront plus nombreuses avec les premières qu'avec les secondes.

C'est seulement par l'intégration des machines-transfert elles-mêmes dans un ensemble mécanique d'un seul tenant que l'élimination de toute manutention manuelle devient possible. La Régie nationale des usines Renault possède précisément pour l'usinage des carters-cylindres de ses modèle Dauphine et 4 CV, un atelier comprenant un ensemble de 16 machines-transfert qui permet de faire passer sans reprise manuelle le carter-cylindre de l'état brut de fonderie jusqu'au point où il est prêt pour la chaîne d'assemblage. Les machines-transfert sont elles-mêmes réunies par des stocks mouvants de pièces et de montages qui permettent à une machine placée en aval de continuer à travailler au cas où une machine située en amont doit être arrêtée par suite d'une panne ou pour un changement d'outils.

Voici quelques caractéristiques générales de cet atelier:

Surface totale occupée, 2.400 m2 (30 m × 80 m);

— surface totale occupée, 2.400 m2 (30 m × 80 m);

— nombre de machines-transfert, 16, d'une longueur développée de 210 mètres, utilisant 165 têtes électromécaniques et 605 outils divers;

— nombre de postes automatiques de contrôle, 10;

— longueur développée des éléments de stockage automatique, 850 m.

Les pièces sont automatiquement engagées et verrouillées sur les machines-transfert, puis déverrouillées et évacuées en direction de la machine suivante par l'intermédiaire des stocks mouvants d'une façon entièrement automatique. Le renvoi des montages porte-pièces du poste de déchargement au poste de chargement de chaque machine-transfert est également automatique. La machine fonctionne enfin en continu, éliminant ainsi la fonction qu'occupaient précédemment sur les machines-transfert les ouvriers chargés de l'alimentation de la machine en pièces à usiner, du déclenchement du cycle d'usinage et de l'évacuation des pièces usinées.

Des opérations de vérification, naguère assurées manuellement, sont également effectuées d'une façon automatique sur la nouvelle installation. Le contrôle d'opération (telle opération a été effectuée) a été appliqué aux perçages sur les machines-transfert dès 1946. Mais, dans le nouvel atelier d'usinage des carters-cylindres, les contrôles automatiques des cotes font aussi leur apparition (contrôle de l'ordre de 10 microns sur les alésages de taquets et sur les aléseuses de lignes d'arbre). La machine s'arrête automatiquement si la cote n'est pas respectée. On peut même signaler comme une originalité le contrôle de la cote du trou de taquet sur la billeuse placée après la 12ᵉ transfert; si la cote contrôlée est trop faible, la machine commande automatiquement le passage d'une bille qui porte le trou à la cote exigée. Il ne s'agit toutefois pas plus dans ce dernier cas que dans les précédents d'auto-réglage: l'action n'est pas proportionnée à la mesure effectuée; elle est du type tout ou rien.

Quelque importance qu'aient pu prendre ces contrôles automatiques, il n'en reste pas moins que bien des opérations de vérification se font d'une manière plus classique. C'est par exemple le cas du contrôle visuel général d'aspect et du contrôle de certaines caractéristiques à la sortie de la machine à laver. Mais c'est, d'un point de vue général, le cas des contrôles effectués par les « vérificateurs ». Il s'agit d'ailleurs dans ce cas d'une fonction nouvelle. Le vérificateur est responsable de la qualité pour les opérations effectuées sur un groupe déterminé de machines. Cette fonction est en quelque sorte une spécialisation dans l'une des opérations dont étaient chargés les ouvriers sur les anciennes machines-transfert. Mais la fonction de vérificateur est en outre plus large: celui-ci doit, en effet, en cas d'absence, pouvoir remplacer le régleur responsable de la mise en route des machines et du changement des outils.

Le fonctionnement de l'ensemble de la chaîne est contrôlé sur un tableau où sont figurées toutes les machines suivant leur implantation dans l'atelier. Chaque arrêt se traduit sur le tableau par l'apparition d'un signal lumineux. Un opérateur affecté à ce poste relève ces pannes sur des cartes mécanographiques en y faisant inscrire par un horodateur les heures de début et de fin de l'arrêt et y portant, suivant un code déterminé, la cause de l'arrêt telle qu'elle lui a été indiquée par le régleur responsable de la machine en cause.

A côté de toutes ces activités, il faut enfin signaler, outre quelques postes de manutentionnaires volants, les postes suivants qui attestent la persistance de fonctions de style plus classique sur cette chaîne hautement automatisée: surfaçage des carters-cylindres sur fraiseuses-tambours avant leur entrée sur la première machine-transfert, évacuation manuelle des pièces et nettoyage des points de touche à la sortie de la douzième machine-transfert, régularisation du débit entre la chaîne d'usinage et la chaîne de montage.

Nous pouvons tenter de synthétiser dans un tableau toutes les observations précédentes. Nous retiendrons ainsi les aspects caractéristiques des trois stades d'évolution technique auxquels nous nous sommes référés pour les ateliers d'usinage. Dans ce

tableau, les interventions humaines directes seront désignées par « manuel », le fonctionnement de la machine sans intervention manuelle directe par « automatique »:

	MACHINES spéciales à postes fixes.	MACHINES-transfert.	ENSEMBLE intégré de plusieurs machines-transfert
Changement des pièces	Manuel.	Manuel.	Automatique.
Verrouillage	Manuel.	Manuel.	Automatique.
Déclenchement des cycles d'usinage....	Manuel.	Manuel.	Automatique.
Cycles d'usinage.....	Automatique.	Automatique.	Automatique.
Transfert des pièces d'un poste d'usinage à l'autre......	Manuel.	Automatique.	Automatique.
Déverrouillage après une ou plusieurs opérations	Manuel.	Manuel.	Automatique.
Evacuation des pièces après une ou plusieurs opérations...	Manuel.	Manuel.	Automatique.
Contrôle d'opération.	Manuel.	Automatique.	Automatique.
Contrôle de cote.....	Manuel.	Manuel.	Automatique et manuel.

Il va sans dire que nous n'avons retenu dans ce tableau que les aspects caractéristiques de l'un ou l'autre des trois stades que nous avons distingués. Nous avons cru préférable en effet tant pour la clarté de la présentation que pour des raisons de spécificité, de négliger les postes qui peuvent être considérés comme accidentels dans l'ensemble intégré des 16 machines-transfert pour l'usinage des carters-cylindres de la Dauphine et de la 4 CV (ouvriers sur fraiseuses-tambours pour le surfaçage des carters, manutentionnaires volants et manutentionnaires en fin d'usinage).

L'automatisme dans les ateliers d'emboutissage.

La comparaison entre ateliers de grosses presses d'emboutissage et ateliers de petites presses étant assez difficile, nous nous limiterons ici à l'examen de quelques ateliers automatisés du premier type.

Les ateliers de grosses presses offrent d'ailleurs à eux seuls une certaine variété quant à leur degré d'automatisation.

Dans la plupart des cas, le travail se fait encore d'une façon essentiellement manuelle: les ouvriers chargent la presse, positionnent le flan sur la matrice, commandent la descente du poinçon à chaque opération, évacuent eux-mêmes les pièces et les chutes, contrôlent enfin la qualité des pièces embouties.

Un premier progrès vers l'automatisme apparaît avec l'éjection et l'évacuation automatique des pièces après emboutissage, les chutes étant elles-mêmes évacuées sans manipulation par les ouvriers.

ANNEXE IV

Liste des principaux organismes intéressés aux problèmes posés par l'automatisme.

Association française de régulation et d'automatisme (Afra), rue Blanche, à Paris (association d'ingénieurs);

Centre national de l'automatisation, 14, rue de Staël (fondé par des organisations syndicales patronales et subventionné par le commissariat général à la productivité);

Commission spécialisée du conseil supérieur de la recherche scientifique, 68, rue de Bellechasse;

Fédération nationale de l'automation (à caractère privé), rue de Liège, à Paris;

Commission de liaison et d'étude des problèmes de l'automatisme;

Diverses associations locales, telles celles de Lille et de Lyon.

N. B. — Cette liste n'est pas exhaustive.

2° Avis formulé par le Conseil économique au cours de sa séance du 1er juillet 1958 sur l'automation et ses conséquences économiques et sociales.

(Question dont le Conseil économique s'est saisi lui-même en application de l'article 1er de la loi organique du 20 mars 1951 et de l'article 28 de son règlement intérieur.)

Le Conseil économique,

Vu sa résolution en date du 24 juillet 1956 par laquelle il s'est saisi de l'étude de l'automation et de ses conséquences économiques et sociales;

Après avoir entendu le rapport présenté par M. Pierre Liénart au nom de la commission des affaires sociales;

Après avoir pris connaissance de l'avis présenté par M. Wolff au nom de la commission de la production industrielle, saisie de la question pour avis,

Est arrivé aux conclusions suivantes:

I. — *En ce qui concerne les problèmes posés sur le plan technique et économique.*

L'automation entraîne une sérieuse accélération de l'évolution technique, accentue fortement les effets de la mécanisation dans les différents domaines de l'activité industrielle et administrative, apporte des transformations profondes aux conditions de la production, notamment en ce qui concerne la répartition des tâches entre les hommes et les machines.

Elle conduit à reconsidérer les problèmes de production dans leur ensemble et leurs liaisons avec les problèmes économiques, en accordant une importance particulière d'une part à l'étude des marchés et au relèvement du pouvoir d'achat qui conditionne les possibilités d'absorption de ceux-ci et, d'autre part, à l'organisation du travail et aux techniques de l'information, celle-ci tendant à jouer un rôle essentiel à côté de l'énergie.

Elle impose de nouvelles disciplines en ce qui concerne la préparation du travail, l'unification des méthodes, la normalisation, la codification, la création d'un langage commun. Elle nécessite de ce fait un nouvel état d'esprit en face de problèmes dont la solution s'écarte notablement des méthodes traditionnelles.

Elle exige des travailleurs un sens aigu des responsabilités, la négligence ou un instant d'inattention d'un seul individu pouvant avoir, dans un système automatisé, des conséquences extrêmement graves (1).

Elle constitue un puissant facteur d'accroissement de la production et de la productivité (2), d'amélioration de la qualité, de renforcement de la sécurité et d'abaissement des prix de revient. Elle trouve son application particulièrement dans les branches où l'on peut envisager la fabrication en série de produits relativement stables. Elle favorise de ce fait la grande entreprise, mais elle peut aussi jouer un rôle important dans les petites et moyennes entreprises qui pourront s'adapter aux nouvelles méthodes de production.

Cette évolution technique aura des incidences sur la structure des entreprises. Mais, si une concentration industrielle et financière accrue est à prévoir, il semble aussi, à en juger par l'expérience de l'étranger, que les entreprises de petites ou moyennes dimensions pourront conserver un important potentiel d'activité.

La création de nouvelles industries automatisées conduira sans doute à des déplacements d'activités d'une région à une autre.

Dans une perspective d'expansion économique et dans le cadre d'un marché extérieur allant en s'élargissant, l'automation peut améliorer les conditions de la concurrence de nos entreprises exportatrices et contribuer ainsi au redressement indispensable de notre balance des comptes.

(1) L'adjonction de ce paragraphe résulte de l'adoption à main levée d'un amendement présenté par le groupe de la C. G. C.

(2) L'adjonction du membre de phrase « et de la productivité » résulte de l'adoption à main levée d'un amendement présenté par le groupe de la C. G. C.

L'automation dispose de moyens techniques puissants pour l'exécution de travaux administratifs, dépassant le niveau de la comptabilité et de la statistique pour atteindre celui de la gestion des entreprises et des études économiques qui doivent désormais être assumées par la nation. Dans le domaine de la production du matériel adapté à ces applications et des industries de base de l'électronique, la France peut occuper une place de premier plan si elle se fixe des objectifs précis, avec pour préoccupation majeure, la qualité.

Il est difficile d'apprécier actuellement ce que sera le champ d'application et surtout ce que sera le rythme de développement de l'automation dans un proche avenir. L'expérience des pays hautement industrialisés permet cependant de considérer que, pendant de longues années, l'automation n'occupera encore qu'un secteur relativement limité de la production et ne se développera que d'une façon très progressive.

L'agriculture est elle-même intéressée à l'installation de nouvelles techniques, notamment pour le fonctionnement de ses industries et coopératives à caractère industriel ou commercial (laiteries, sucreries, établissements de conditionnement des produits et certaines exploitations agricoles, etc.) et des services administratifs de ses organisations.

L'automation ne s'adresse pas seulement aux pays à potentiel industriel élevé; son rayonnement peut s'étendre aux pays sous-développés dont l'économie peut être fortement influencée par une évolution technique rapide.

Le développement de l'automation est conditionné d'une part par un effort d'investissement suffisant qui ne doit pas négliger la recherche pure et appliquée, la formation d'ingénieurs et surtout de spécialistes qui restent en nombre trop limité, et, d'autre part, par un renforcement de la coopération entre l'industrie et les centres de recherche publics et privés.

A la suite de ces considérations, le Conseil économique émet l'avis que (1):

1. — Au lieu de se laisser distancer par les pays étrangers qui sauraient mieux tirer parti qu'elle des avantages de l'automation, la France doit s'intéresser sérieusement à cette nouvelle technique qui peut contribuer à l'amélioration de sa situation économique, par le renforcement de sa position concurrentielle sur les marchés extérieurs — notamment sur le marché européen, par l'augmentation dans des conditions rationnelles de la production nécessaire à la satisfaction des besoins croissants — compte tenu de l'évolution démographique et des nécessités des pays sous-développés d'outre-mer.

2. — Les techniques nouvelles du traitement des informations, ainsi qu'une large application des méthodes de la recherche opérationnelle, doivent contribuer à l'étude rationnelle des problèmes de gestion des entreprises et des problèmes que l'Etat doit résoudre lui-même dans le cadre de sa politique économique, ce qui implique une base statistique sérieuse et des moyens suffisants pour en assurer l'exploitation.

3. — Une large information doit être diffusée dans les milieux de l'administration, de l'industrie, du commerce ainsi que de l'agriculture en vue de faire connaître les possibilités d'utilisation des nouvelles techniques et les conditions à réaliser pour en permettre le développement, notamment en ce qui concerne les problèmes d'organisation du travail, l'unification des méthodes, la normalisation et la codification.

(1) Ce vote a été acquis au scrutin public par 122 voix contre 12 et 12 abstentions (voir résultat du scrutin en annexe).

4. — Une place importante doit être réservée, dans les programmes d'investissements et dans les crédits accordés à ce titre, d'une part aux projets ayant en vue l'extension de l'automation dans les branches d'activité présentant un intérêt particulier pour la collectivité dans le cadre d'une politique économique dynamique, et, d'autre part, à la recherche scientifique appliquée à l'automation.

5. — Il convient de procéder à l'adaptation de notre régime fiscal et de nos modes de distribution du crédit aux conditions de la production automatisée qui créent une situation nouvelle — notamment en matière d'amortissement des équipements. Il convient également d'accorder une attention particulière aux problèmes de l'automation dans les petites et moyennes entreprises qui doivent avoir les moyens de s'automatiser et d'apporter ainsi une contribution accrue à l'effort d'expansion économique.

6. — Les programmes d'aménagement régional doivent être élaborés en tenant compte des possibilités de décentralisation géographique de certaines industries touchées par l'automation.

7. — Les programmes de formation des ingénieurs et spécialistes doivent tenir compte des nouveaux besoins en personnel qualifié qui résultent de la mise en œuvre de l'automation. En raison de l'évolution rapide du progrès technique, il est vital d'ouvrir à tous les jeunes l'accès à une solide formation scientifique de base permettant d'adapter facilement les ingénieurs et les techniciens aux nouvelles tâches qui apparaîtront au fur et à mesure du développement de l'automation. Les ingénieurs et spécialistes devront avoir la possibilité de renouveler périodiquement leurs connaissances en fonction de ces transformations accélérées.

8. — L'automation ne prendra toute sa valeur que dans le cadre d'une politique d'expansion économique qui devra assurer l'amélioration du niveau de vie dans la mesure où les biens accrus produits par les secteurs automatisés trouveront une contrepartie équivalente du côté de la consommation afin d'éviter toute crise de surproduction.

II. — *En ce qui concerne les conséquences sociales et humaines de l'automation.*

Dans les secteurs où l'automation se développe, l'homme est progressivement écarté des tâches d'exécution concernant directement la production et il se trouve orienté vers d'autres activités intéressant notamment la préparation et le contrôle du travail, ainsi que l'entretien des équipements.

Dans les branches hautement automatisées de l'industrie et des bureaux, les réductions d'effectifs ont pu faire craindre que l'automation ne soit de nature à engendrer un chômage technologique massif. L'examen des statistiques de l'emploi fait actuellement (1) ressortir que dans une économie en expansion, les effectifs du personnel continuent à croître en même temps que la production se développe.

On constate toutefois que le rythme de la progression de l'emploi est beaucoup moins rapide que celui de la production et que des phénomènes de saturation apparaissent dans certains secteurs.

Il convient néanmoins d'observer que l'automation n'affecte encore qu'une fraction très limitée de l'ensemble des salariés des industries et des bureaux (2).

Cependant il conviendrait que soit rapidement déterminée l'évolution respective de ces deux secteurs, et que, notamment, pour le travail de bureau soient mises à l'étude les incidences et les orientations professionnelles qui en découlent (3).

En dehors du risque de chômage, l'automation peut encore agir sur l'emploi en provoquant des transferts et des reconversions de main-d'œuvre, ce qui pose des problèmes d'adaptation et de reclassement particulièrement délicats à résoudre

(1) Le remplacement du mot « cependant » par le mot « actuellement » résulte de l'adoption à main levée d'un amendement présenté par le groupe de la C.G.T.-F.O.

(2) Ce paragraphe résulte de l'adoption à main levée d'un amendement présenté par le groupe de la C.G.T.-F.O.

Le texte initial de la commission était le suivant:

« Il convient néanmoins d'observer que l'automation n'affecte encore qu'une fraction très limitée de l'ensemble des salariés des industries et des bureaux et que sa progession restera relativement lente pendant de longues années. »

(3) L'adjonction de ce paragraphe résulte de l'adoption à main levée d'un amendement présenté par le groupe de la C.G.T.-F.O.

dans le cas de personnel âgé, en dehors des difficultés qui peuvent surgir en matière de logement ou de transport. Par contre, l'automation peut faciliter la solution de certains problèmes de décentralisation.

L'automation apporte d'importantes modifications dans les conditions d'emploi, notamment en ce qui concerne la rémunération, les horaires, le genre d'activité, la sécurité, l'ambiance et l'intérêt du travail; elle pourrait conduire à procéder à une nouvelle étude du financement de la sécurité sociale.

L'accroissement massif de la production permet d'envisager une réduction du temps de travail. Le problème de l'utilisation des loisirs mérite d'être examiné sous ce nouvel aspect.

Même en considérant que l'automation peut contribuer à améliorer la condition ouvrière, cette vue d'avenir ne doit pas dissimuler les difficultés sérieuses qui se présenteront pendant une longue période d'adaptation (1).

Compte tenu de ces éléments, le Conseil économique émet l'avis que:

1. — Les pouvoirs publics doivent être particulièrement attentifs aux problèmes de l'emploi qui pourraient naître du développement de l'automation et le problème du plein emploi et du niveau de vie doit rester la clef de voûte de notre politique sociale.

2. — Les transferts de main-d'œuvre résultant de l'automation ne doivent pas remettre en question le niveau des salaires et les compléments sociaux acquis par les travailleurs intéressés. Des compensations doivent être assurées dans le cas où la situation nouvelle ne comporte pas les mêmes droits et surtout en cas de mutation brusque (problème du logement, par exemple).

3. — Les problèmes de reconversion d'emploi et d'adaptation de la main-d'œuvre aux nouvelles techniques doivent être examinés avec une attention particulière. Des mesures devront être prises en vue de faciliter le reclassement professionnel des travailleurs et notamment des travailleurs âgés, dont l'emploi est menacé par le progrès technique. Le transfert des activités entraîne, dans une certaine mesure, un accroissement du niveau des qualifications requises et il convient de prévoir dans un cadre d'ensemble les conditions dans lesquelles le perfectionnement et la formation complémentaire des travailleurs pourront être assurés.

4. — Les nouvelles conditions du travail doivent faire l'objet d'études systématiques portant notamment sur le mode de rémunération, les horaires, la satisfaction de l'homme au travail. Le financement de la sécurité sociale pourrait éventuellement être reconsidéré.

5. — Des études sont de même indispensables sur l'hygiène du travail et les problèmes physiologiques et psychologiques créés par les nouvelles conditions de travail.

6. — Le problème de la durée du travail est à réexaminer en fonction de l'automation, la réduction du temps de travail pouvant conduire à un aménagement de la période de vie active allant dans le sens d'une prolongation de la scolarité, de l'abaissement de l'âge de la retraite et d'un aménagement de la journée ou de la semaine de travail. L'augmentation corrélative du temps consacré aux loisirs devra permettre d'accroître les possibilités de culture personnelle par la mise en œuvre de nouveaux moyens étudiés en tenant compte de la nécessité d'assurer l'épanouissement de l'homme de notre temps, soumis aux exigences de la civilisation industrielle.

III. — *En ce qui concerne les problèmes d'ensemble.*

L'automation doit conduire à une liaison étroite, sur le plan technique, entre les activités — même de nature différente — où elle se développe. Par contre, elle accentue les disparités déjà constatées entre les secteurs mécanisés et non mécanisés. Certains déséquilibres risquent de s'affirmer dans le domaine de la production, des conditions de travail et des revenus, pouvant entraîner certaines difficultés économiques et sociales.

La condition de l'homme au travail peut se trouver profondément modifiée dans une civilisation industrielle dominée par l'automation.

Le développement de l'automation doit permettre progressivement d'améliorer les conditions d'existence de la population

(1) Un amendement présenté au nom du groupe de la C. G. T. a été rejeté à main levée. L'amendement tendait à remplacer le début de ce paragraphe par le texte suivant: « Même si l'on considérait que l'automation, en elle-même, peut contribuer... » (le reste sans changement).

et notamment d'élever le niveau de vie des éléments socialement faibles.

Il doit également faciliter l'aide que les pays plus évolués se doivent d'apporter aux pays économiquement sous-développés.

En raison de l'importance de ses répercussions économiques et sociale, l'automation ne doit pas être abandonnée à elle-même. Débordant par de nombreux aspects le cadre de l'entreprise et de la profession, elle justifie l'intervention des pouvoirs publics et l'élaboration d'une politique de l'automation, avec le concours des organisations professionnelles patronales et ouvrières (1).

(1) Ce paragraphe résulte de l'adoption à main levée d'un amendement présenté par le groupe de la C. G. T.-F. O.

Le texte initial de la commission était le suivant:

« — En raison de l'importance de ses répercussions économiques et sociales, l'automation ne doit pas être abandonnée à elle-même. Débordant par de nombreux aspects le cadre de l'entreprise et de la profession, elle justifie l'intervention des pouvoirs publics et l'élaboration d'une politique de l'automation.

« — L'organisation et le développement de l'automation doivent être assurés avec le concours des organisations professionnelles patronales et ouvrières. »

En conclusion, le Conseil économique émet l'avis que:

1. — L'automation doit être mise en œuvre par une coopération étroite des pouvoirs publics, des syndicats patronaux et des syndicats de salariés dans les différents secteurs de l'économie.

2. — Une coordination étroite doit être assurée entre les divers ministères responsables, ainsi qu'entre les organismes ou groupements techniques, économiques et sociaux, intéressés par les problèmes posés par l'automation.

3. — Les plans de modernisation et d'équipement devront, dans leurs études, leurs prévisions et les mesures proposées, faire une large place à l'automation, en fonction de ses progrès et de ses perspectives.

Devant l'ampleur des problèmes soulevés par ce premier avis, le Conseil économique entend poursuivre l'étude des conséquences économiques et sociales de l'automation, en maintenant la question à son programme de travaux d'une façon permanente.

ANNEXE

SCRUTIN

Sur l'ensemble du projet d'avis.

Nombre de votants........................... 146

Ont voté pour............... 122
Ont voté contre.............. 12
Se sont abstenus............. 12

Le Conseil économique n'a pas adopté.

Ont voté pour (122).

Groupe des travailleurs :

C. G. T. — MM. Bouchaud, Brard, Duret, Fürts, Mme Joannès, MM. Laudet, Le Brun, Leroy (André), Marion, Monjauvis, Paul, Racamond Subreville.

C. F. T. C. — MM. Bouladoux, Braun, Chaullet, Charuau, Espéret, Levard, Liénart, Mayoud, Quirin, Mlle Tribolati, Vandenbussche, Vansieleghem, Willame.

C. G. T.-F. O. — MM. Babau, Beyaert, Bomal, Bothereau, Charlot, Cucuel, Degris, Delamarre, Goudy, Lafond, Neumeyer, Peeters, Richard.

C. G. C. — MM. Condouin, Hervouet, Le Ferme, Malterre.

Travailleurs intellectuels. — M. Wolff.

Travailleurs indépendants. — M. Dewez (C. G. S. I.).

Groupe de l'artisanat. — MM. Boulland, Canonville, Chareille, Chopin, Colomer, Dallant, Levieux, Ressicaud, Séné.

Groupe de l'agriculture. — MM. d'Andlau, Barré, Bidau, Bohuon, Blaise (F. O.), Bonjean, Bouchard, Carroué (C. G. T.), Chatras, Chauvin, Chégut, Collet, Deleau (Jean), Desbarats, du Douet de Graville, Ferré, Forget, Gauthier, Génin, Guellati, Guy-Charon, Hadengue, Haniquaut (C. F. T. C.), Havard, Lacaille, Lepicard, Lequertier, Milhau, Nové-Josserand, Robin, Rousse, Tardy, Uchard, Van Graefschepe.

Groupe des entreprises nationalisées. — MM. Bour, Le Hénaff, Verret.

Groupe des coopératives. — MM. Antoni, Benoist, Harasse, de Laulanié, Schatz, Viaux-Cambuzat.

Groupe de l'Union française. — MM. Bellanger, Bicheron (C. G. C.), Coulibaly (F. O.), Delavignette, Jourdain, Monthé, Diallo (C. G. T.-U. G. T. A. N.).

Groupe de la pensée française. — MM. Branger, Byé, Dumontier, May, Philip, Sauvy, Soula.

Groupe des associations familiales. — MM. Dary, Houist, Leroy (Louis), de Loynes, Mabit, Noddings, Mme Picard, M. Vinot.

Groupe des classes moyennes. — M. Millot.

Groupe des sinistrés. — M. Barat.

Groupe de l'habitat. — M. Robert.

Ont voté contre (12).

Groupe des entreprises privées :

Industrielles. — MM. Desse, Dumont, Kruger, Mayolle, Meunier.

Commerciales. — MM. Ansieau, Barlangue, Chauchard, Laguionie, Lemaire-Audoire, Paquette.

Groupe de l'Union française. — M. Bernard.

Se sont abstenus (12).

Groupe des entreprises privées :

Industrielles. — MM. Auberger, Cagniard, Charvet, Defond, Garnier, Gingembre, Pisson, Trocmé.

Commerciales. — MM. Deleau (Gustave), Demmerlé, Goudaert, Stoll.

Paris. — Imprimerie des Journaux officiels, 31, quai Voltaire.